Untersuchungen

über den

feineren Bau einiger Muschelschalen.

Inaugural-Dissertation

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Universität Rostock

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Otto Römer

Assistent am physiologischen Institut der Universität Greifswald.

ACAD. LANDWIRT. BIBL.

Mit drei Tafeln und vier Figuren im Text.

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1903.

Referent: Professor Dr. O. Seeliger.

(Sonderdruck aus: »Zeitschrift für wissensch. Zoologie« LXXV. Bd. 3. Heft.)

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im zoologischen Laboratorium der Heidelberger Universität auf Anregung sowie unter Leitung und steter Kontrolle von Herrn Prof. Dr. Bütschli angestellt. Sie bezweckten hauptsächlich, den feineren und feinsten Bau der Elemente einiger Muschelschalen, mit dem sich die Forschung bisher noch wenig befaßte, aufzuklären, so weit es in meinen Kräften stand. Die gröberen Verhältnisse kamen nur beiläufig in Frage.

Ehe ich mich zur Darstellung der gewonnenen Resultate wende, bleibt mir die angenehme Pflicht zu erfüllen, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Bütschli, für seine Bemühungen, mich bei der Arbeit auf jede Weise zu fördern, meinen herzlichsten Dank auszudrücken. Auch Herrn Prof. Dr. Schuberg bin ich für mancherlei technische Ratschläge zu Dank verpflichtet; ebenso den Herren Professoren Dr. Cohen und Dr. Deecke in Greifswald.

Auf das Geschichtliche der Fragen, die uns beschäftigen sollen, gehe ich hier nicht ein; um so mehr, als vor kurzem Stempell (1900) eine sehr umfassende und gründliche kritische Literaturstudie hierüber gegeben hat, die mir auch wegen der in ihr enthaltenen vollständigen Literaturangaben von großem Wert gewesen ist. Ebenso gibt Biedermann (1901) einen geschichtlichen Abriß der Forschungen über die Molluskenschalen.

Einiges über die Methoden der Untersuchung.

Um über die Schalenstrukturen ins klare zu kommen, wurden zunächst möglichst dünne Schliffe hergestellt. Aus der Schale wurden mit einer Laubsäge kleine Stückchen herausgesägt und dann deren

eine Seite zunächst auf einem gewöhnlichen Sandsteine eben geschliffen. Zum weiteren Schleifen wurde ein feiner Abziehstein verwendet und zuletzt eine mattgeschliffene Glasplatte. In den ersten Zeiten machten die Risse und Kritzer, die sich zum Teil durchaus nicht vollständig auf Leder oder Papier wegpolieren lassen wollten, viel Kopfzerbrechen. Es ergab sich jedoch bald, daß sie relativ wenig stören; denn da diese Untersuchungen meist mit sehr starken Vergrößerungen ausgeführt werden müssen, so lassen sich einerseits genügend Stellen finden, an denen solche Kritzer nicht auftreten, andrerseits fallen ihre Einflüsse weg, wenn man die mittleren Partien des Schliffes untersucht. Später wurde die Methode der Dünnschliffe durch ein weiteres Verfahren ergänzt, welches der Zufall kennen lehrte, dessen sich übrigens nach einer Mitteilung von Herrn Dr. Stempell schon Th. v. Siebold bedient hat. Dies Verfahren ist viel einfacher im Gebrauch und führt dennoch weiter. Herr stud. Rudolf Loeser in Heidelberg hatte nämlich versucht, die Schale einer großen *Anodonta* durch Einlegen in schwache Kalilauge zu reinigen. Nach einiger Zeit war sie völlig mürbe geworden und ließ sich in kleinste Partikelchen — einzelne Prismen und Perlmutterblättchen — zerlegen, die der feinsten mikroskopischen Untersuchung zugänglich waren. Allerdings ist diese Methode nicht bei allen Muschelarten von gleicher Wirksamkeit; *Margaritana margaritifera* z. B. setzt der Kalilauge einen viel größeren Widerstand entgegen als *Anodonta*. Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß die an solchen Präparaten erhaltenen Resultate an Schliffen und Fragmenten sorgfältig nachgeprüft und denen gleich gefunden wurden, die ohne Einwirkung von Kalilauge gewonnen waren; womit ein für allemal dem Einwande begegnet werden soll, es könnten an dem untersuchten Material die Mikrostrukturen künstlich durch die Kalilauge hervorgerufen sein.

Die organische Substanz der Schale (Conchiolin) wurde sowohl auf Schliffen als an Schnitten durch die entkalkte Schale, zum Teil auch an entkalkten Dünnschliffen, studiert. Zur Entkalkung diente 70%iger Alkohol mit einigen Tropfen Salzsäure. Wässerige Salzsäure zu verwenden, ist unzweckmäßig, weil sie einerseits Schimmelbildung nicht genügend verhütet und andrerseits die Kohlensäure in sehr großen Blasen entweicht, welche die feinen Lamellen des Conchiolins oft verzerren und zerreißen. Zur Färbung des Conchiolins erwies sich eine alkoholische Dahlialösung recht brauchbar. Die Färbung der sehr dünnen Schnitte — ihre Dicke betrug 2 μ bis höchstens 5 μ — muß so stark wie irgend möglich sein, da die

Strukturen, die hervortreten sollen, außerordentlich fein sind. Zum Einschließen der Schliffe und der kalkigen Schalenelemente diente geschmolzener Kanadabalsam, soweit ich es nicht vorzog, in Wasser oder Luft zu untersuchen. Letzteres Verfahren wurde, wenn es sich um die organische Substanz handelte, fast durchgängig angewandt.

Bemerkungen über den gröberen Bau der Muschelschalen.

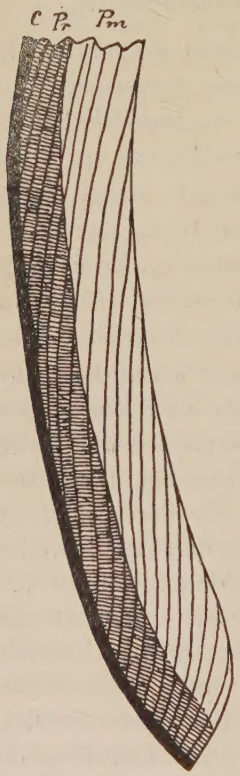
Was wir im folgenden auseinandersetzen, bezieht sich nur auf die wenigen Gattungen, mit denen wir uns beschäftigten; so namentlich auf *Anodonta*, *Margaritana* und *Meleagrina*. Bei andern Muscheln können sich die Verhältnisse in mannigfacher Weise komplizieren.

Bei Beschreibung des Baues einer Muschelschale ist es üblich, von drei Lagen zu sprechen, die zusammen die Dicke der Schale aufbauen: einer äußeren Conchiolinlage, einer mittleren Prismenlage und einer inneren Perlmutterlage. Letztere ist selbst wieder aus vielen sehr feinen Schichten zusammengesetzt (vgl. Figg. 13 u. 14).

Man kann diese Darstellung zwar nicht gerade als unrichtig bezeichnen; indessen scheint sie das Wesentliche an der Sache einigermaßen in den Hintergrund zu drängen. Es läuft nämlich die Schichtung der Perlmutterlage (*Pm*) der Grenzfläche zwischen Perlmutter- und Prismenlage nicht etwa parallel, sondern sie durchdringt die letztere (*C*); und die Grenzflächen dieser Schichtung durchsetzen weiterhin auch noch die Prismen- (*Pr*) und die Conchiolinschicht (s. p. 6 Textfig. 1) und treten auf der Schalenoberfläche als sogenannte Anwachsstreifen zu Tage. Wir können also sagen: Die Muschelschale erscheint zunächst von einem fein lamellären Bau; die Lamellen laufen der Schalenoberfläche nicht parallel, sondern durchsetzen die Dicke der Schale in schiefer Richtung, indem gleichzeitig jede Lamelle parallel dem Schalenrand sich erstreckt. Jede derartige Lamelle besteht oberflächlich aus Conchiolin, darunter aus Prismensubstanz, und zunächst an der Innenfläche der Schale aus Perlmutter. Die Summen der gleichartigen Teile aller Lamellen bilden die drei zuerst erwähnten Lagen: Conchiolinlage (*C*), Prismenlage (*Pr*), Perlmutterlage (*Pm*) (Textfig. 1, p. 6).

Die Prismen der Prismenlage stehen meist nicht völlig senkrecht zur Schalenoberfläche, sondern etwas nach dem Schloßrand hin geneigt. Die Gestalt der Prismen wechselt bei den einzelnen Arten. Im Querschnitt erscheinen sie polygonal in der mittleren Dickenregion der Prismenlage; in der äußeren und inneren Region der Prismenlage

jedoch, wo, wie wir noch sehen werden, das Conchiolin gegenüber dem kohlensauren Kalk verhältnismäßig mächtig ist, kann man auch rundliche Prismenquerschnitte beobachten. Dort endlich, wo die äußersten Enden der Prismen in die äußere Conchiolinmembran übergehen, kann man auf Querschliffen den kohlensauren Kalk sternförmig zerklüftete Figuren in dem Conchiolin bilden sehen.



Textfig. 1.

Nicht alle Prismen reichen durch die ganze Dicke der Prismenlage; vielmehr beobachtet man häufig, namentlich auch an isolierten Prismen, daß sie sich an der einen Seite zuspitzen und zwischen andern auskeilen. In der Conchiolinmembran stecken sie teils mit abgerundeten und etwas verschmälerten, teils aber auch mit stark verjüngten Enden, die wie aus aufeinander gelegten, immer kleiner werdenden linsenartigen Scheibchen gebildet erscheinen (Fig. 7). Wir werden auf diesen Befund später zurückkommen.

Die Conchiolinlamellen, welche die Muschelschale und speziell die Perlmutter durchziehen, sind von zweierlei Art. Es lassen sich nämlich feinere, weiße und derbere, braune unterscheiden (Figg. 13 u. 14). Letztere sind wenig zahlreich und fassen zwischen sich Lagen von dünnen Schichten kohlensauren Kalks ein, welch' letztere ihrerseits wieder von den feinen, weißen »Häuten«, wie sich v. Voit ausdrückt, geschieden werden.

Endlich kann man auf Querschliffen — d. h. solchen, die senkrecht zur Schalenoberfläche vom Schalenrand nach dem Nabel hin geführt sind — in der Perlmutterlage schon bei ziemlich schwacher Vergrößerung zwei Systeme einer eigentümlichen Schraffierung erkennen, die einander durchkreuzen.

Die Prismenlage.

Wir betrachten zunächst einen möglichst dünnen Querschliff durch die Schale von *Margaritana margaritifera* L. sp. bei etwa 300facher Vergrößerung. Dabei fallen uns in der Substanz der Prismen, die hier alle der Länge nach getroffen sind, sogleich feine

Längs- und Querlinien auf, die allenthalben, wenn die Präparate nur dünn genug sind, wiederkehren. Die Längslinien sind meist weniger deutlich als die Querlinien und laufen nicht der Prismenachse parallel, sondern konvergieren gegen das äußere Prismenende zu. Dies stimmt völlig mit der von Biedermann (1901, p. 14) mitgeteilten Beobachtung überein. Die Querlinien verlaufen bisweilen nahezu geradlinig, die Prismenachse unter rechten Winkeln schneidend; gewöhnlich aber sind sie schwach gekrümmt, so daß sie wie flache Bogen konzentrischer Kreise aufeinander folgen, deren Konkavität stets nach der Außenfläche der Schale gerichtet ist (Fig. 1); endlich verlaufen sie manchmal auch etwas wellig. Die Mehrzahl der untersuchten Präparate machte den Eindruck, als seien diese Querlinien Bildungen, die nur den peripheren Partien des Prismas, nicht seinem Inneren angehören; denn sie werden undeutlich oder schwinden ganz, wenn man den Tubus auf die axiale Partie der Prismen einstellt. Wir können, wenn wir ein stärkeres Okular aufsetzen, feststellen, daß diese Querlinien durch Aufeinanderfolge von Zonen der Prismensubstanz entstehen, die sich durch verschieden helles Aussehen, d. h. durch etwas verschiedene Lichtbrechung voneinander unterscheiden. Dies tritt bei hoher oder tiefer Einstellung des Tubus gleich deutlich hervor; doch verhalten sich die Helligkeiten der Zonen naturgemäß bei beiden Einstellungen umgekehrt. Zuweilen liegt zwischen zwei solchen Zonen noch eine feine, gleichsam aus dunklen Körnchen zusammengesetzte Grenzlinie. Daß diese nicht, wie es von Moynier de Villepoix angenommen wurde, von eingelagerten Pigmentkörnchen herrührt, wird sich nachher ergeben.

Bei Anwendung eines starken Objektivs und eines starken Okulars (12 oder 18), unter gehöriger Regulierung der Beleuchtung, vermag man tiefer in die feine Struktur der Prismen einzudringen. An den Prismen erscheint nun eine feinmaschige Zeichnung, deren Feinheit in den einzelnen Zonen ziemlich stark differiert. Einzelne Zonen erscheinen auch jetzt noch homogen; weil wir aber verschiedene Grade der Feinheit der Maschenstruktur feststellen können, ist die Annahme berechtigt, daß diese scheinbare Homogenität nur die Folge allergrößter Feinheit derselben Struktur ist.

Dies netzartige Bild (Fig. 1) kommt so zu stande, daß zwischen den erwähnten, schon bei schwacher Vergrößerung sichtbaren Längs- und Querlinien noch andre, blässere und feinere erscheinen. Da, wo die feinen Längs- und Querlinien sich schneiden, resp. verbunden sind, treten sehr oft dunkle Punkte hervor, die also als Knotenpunkte der

Maschen erscheinen, und diese sind offenbar das, was Moynier de Villepoix für Pigmentkörnchenreihen gehalten hat.

Die Regelmäßigkeit dieser »netzartigen« Struktur, wie wir sie vorläufig noch nennen wollen, weist verschiedene Grade auf. Manchmal treten die Strukturen mit der schönsten Deutlichkeit hervor, Zeile über Zeile geordnet; dann folgen wieder Partien, wo sie mehr unregelmäßig angeordnet sind. Kurz, es finden sich mannigfaltige Variationen eines und desselben Grundthemas, die wir hier nicht alle aufzählen können.

Von *Anodonta* wurden nur durch Kalilauge isolierte Prismen untersucht, da hier die Schale wegen ihrer Dünne für Schliffe weniger geeignet ist. Die Prismen von *Anodonta* sind verhältnismäßig kurz und gedrungen, gegenüber den mehr schlanken und nadelartigen andrer Gattungen (*Margaritana*, *Meleagrina*, *Pinna*). Das äußere Ende pflegt sanft abgerundet zu sein; das andre dagegen spitzt sich oftmals scharf zu. Das abgerundete äußere Ende ist bisweilen braun gefärbt, was von anhaftendem Conchiolin herrühren dürfte. Dieser gefärbte Teil geht manchmal ganz allmählich in den ungefärbten über; manchmal aber ist er scharf gegen letzteren abgesetzt, zuweilen derart, daß eine kleine braune Scheibe sich durch eine scharfe Einschnürung von der ungefärbten Substanz abhebt. Die Umrisse der Prismen sind nicht immer ganz glatt, sondern sie erscheinen wellig, bisweilen auch zackig. Wenn dies nicht eine Wirkung der Kalilauge sein sollte — und ich habe allen Grund, künstliche Veränderungen an diesen Objekten zu bestreiten — so darf man hier wohl an die aufeinandergesetzten Scheiben der Prismen von *Margaritana* denken und annehmen, daß die welligen Konturen der *Anodonta*-Prismen auf den gleichen Bauverhältnissen beruhen.

Der feinere Bau dieser Prismen stimmt durchaus mit dem bei *Margaritana* gefundenen überein. Wir werden bei der Besprechung der Entkalkungs- und Erhitzungsversuche nochmals auf denselben zurückkommen.

Querschliffe durch die Prismenlage von *Margaritana margaritifera* liefern verschiedene Bilder, je nach der Höhe, in der sie durch die Prismenlage geführt werden. Trifft der Schliff etwa die Mitte der Prismen, so sehen wir deren Querschnitte als unregelmäßige Polygone von wechselnder Seitenzahl. Die Conchiolinscheide, welche die Prismen umgibt und voneinander trennt, ist hier recht dünn und kann, obzwar immer vorhanden, an solchen Schliffen manchmal überhaupt nicht erkannt werden. Die Größe der Polygone wechselt sehr stark,

was zumeist daher rührt, daß viele Prismen sich zwischen den andern auskeilen. Die kleineren Polygone erscheinen in vielen Fällen dunkel, die größeren dagegen meistens hell. Gustav Rose glaubte, daß diese Dunkelheit der kleineren Prismenquerschnitte von Lufterfüllung herrühre, während Biedermann (1901) sie auf eine wirkliche, dunkle Pigmentierung zurückführen möchte. Indessen zeigen die zugespitzten Enden isolierter Prismen von *Margaritana* nichts, was auf Pigmentierung schließen ließe; die isolierten Prismen erscheinen alle gleichartig hell und unpigmentiert. Ferner bleiben, was mit beiden Ansichten unvereinbar ist, die kleineren Querschnitte auch an völlig entkalkten Schliffen dunkel. Offenbar rührt diese Erscheinung von totaler Reflexion des Lichtes an den stark zugespitzten Prismenenden her, was schon Bütschli (1901) gegen Biedermanns Ansicht hervorhob.

Die Regelmäßigkeit der polygonalen Querschnitte kann zuweilen etwas gestört werden durch Septen und Längswülste, die von der Wand der Conchiolinscheiden radiär in die Prismen hinein vorspringen, was schon Biedermann (1901) beschrieb. Auf die Strukturen, die sich im Inneren der Conchiolinmasse selbst vorfinden, soll hier noch nicht eingegangen werden.

Betrachten wir zweitens einen Flächenschliff, der nahe der Grenze zwischen Periostracum und Prismenschicht geführt wurde (Figg. 2, 3, 6), so fällt zunächst die viel größere Mächtigkeit des Conchiolins auf, welches hier immer, als eine von den Kalkteilen sich scharf abhebende Bildung, letztere in dicken Massen von bräunlich gelber Farbe umgibt. Die Prismenquerschnitte sind in dieser Region teils rundlich, teils sternförmig zerklüftet. Die sternförmigen Querschnitte kommen so zu stande, daß vom Conchiolin aus mächtige Längsleisten mit einer gewissen Regelmäßigkeit in den Kalk eindringen (Fig. 6), denselben bis auf eine zentrale, intakt verbleibende Partie vom Rand nach der Achse hin durchsetzend.

Flächenschliffe in der Grenzfläche zwischen Perlmutter und Prismenschicht sind schwierig herzustellen, weil diese Fläche nicht gleichmäßig gekrümmt, sondern stufig ist. Für die Beurteilung dieser Region der Schale werden wir später den Schnitten durch die entkalkte Schale manches entnehmen können.

Wenden wir uns nun zu den feineren Strukturverhältnissen, die bei starken Vergrößerungen (Komp.-Ok. 12—18, hom. Imm. 1/12 und 2 mm) auf Querschliffen durch die Prismen sichtbar werden. Es fallen auch hier zunächst zwei Strukturbesonderheiten auf, die manchmal

beide gleich stark ausgeprägt sind (Fig. 2), von denen aber bisweilen auch nur die eine vorhanden ist, je nachdem der Schliff die Prismen in der Nähe ihrer äußeren Enden trifft oder nicht; außerdem aber gibt es noch Querschnitte mit undeutlicher Strukturierung, wie wir ja auch an den Längsschliffen Zonen ohne deutliche Struktur beobachten konnten. Einmal nämlich läßt sich an vielen Polygonen in der Mitte oder nahe derselben in etwas exzentrischer Lage ein Punkt konstatieren, der meistens auch durch sein Lichtbrechungsvermögen von der Umgebung abweicht. Um diesen Punkt herum ist ein konzentrisches Maschenwerk angeordnet, das zuweilen den ganzen Querschnitt des Prismas durchzieht, manchmal auch nur in der Nähe des Zentrums hervortritt und sich nach der Peripherie in ein unregelmäßiges Maschenwerk verliert. Vom Zentrum geht auch die zweite Art von Struktur aus, die wir an Querschliffen beobachten können. Sie besteht darin, daß die Maschen in radiären Linien angeordnet sind, und diese schneiden die konzentrischen unter rechten Winkeln. So kommt auch hier wieder eine netzartige Zeichnung zu stande, an deren Deutung wir erst gehen werden, wenn wir genügendes Material zusammengetragen haben werden.

Die strahlige Struktur tritt selten so stark hervor, wie die konzentrische. Die konzentrische Struktur ist wohl sicher als das Querschnittsbild der längsfaserigen Struktur der Prismen zu deuten, die in sehr verschiedenem Grad kenntlich sein kann. Die konzentrisch-strahlige Struktur dagegen, welche einigermaßen den feinen Strukturen echter Sphärokristalle entspricht, ist nur auf Flächenschliffen durch die äußeren Prismenenden bemerkbar. Wir werden weiter unten bei Beurteilung der Prismen genauer auf diese Verhältnisse eingehen.

Auch an den Querschliffen sind verschiedene Grade von Strukturfeinheit festzustellen. Bald erscheint die Struktur relativ grob, bald ist sie mit den stärksten Systemen eben gerade noch wahrnehmbar. Wenn sie manchmal auch an ganz dünnen Stückchen nicht sichtbar ist, so muß man dies wohl lediglich ihrer allzu großen Feinheit zuschreiben.

Einer besonderen Betrachtung wert sind die feineren Verhältnisse an den oben erwähnten sternförmig zerklüfteten Prismenquerschnitten, wie wir sie nahe dem Periostracum erhalten. Es sei noch erwähnt, daß solche in allen möglichen Stadien der Ausbildung auftreten; geht die Zerklüftung des Kalkkerns durch das Conchiolin nicht sehr weit, so ergeben sich Querschnitte mit unregelmäßigen

Konturen und gar nicht oder nur einseitig und unvollkommen ausgeprägter Sternform. An solchen Querschnitten können wir nicht selten wieder ein Zentrum von besonderem Lichtbrechungsvermögen beobachten; um das Zentrum herum sind, meist in unregelmäßiger Weise, wieder die schon oft erwähnten Maschen angeordnet. Dann kommt ein äußerer, wieder aus Maschen gebildeter Rand, der ebenfalls in Ansehung seiner Lichtbrechungsverhältnisse von den inneren Partien des Querschnitts abweicht. Es sei ausdrücklich hervorgehoben, daß dieser Rand schwerlich etwa von eingedrungenem Kanadabalsam herrühren dürfte; denn es wurde, wie erwähnt, stets nur unverdünnter und überdies noch geschmolzener, rasch erstarrender Kanadabalsam verwendet. Daß der Rand eine Struktureigentümlichkeit ist, dafür spricht ferner noch die Tatsache, daß er stets aus einer einzigen Maschenreihe besteht.

Die Zahl der Maschen auf einem solchen unregelmäßig konturierten Prismenquerschnitt ist naturgemäß kleiner als die auf einem Querschnitt durch die mittlere Region eines Prismas, da ja die unregelmäßig konturierten Querschnitte den verjüngten äußeren Prismenenden angehören. An manchen Stellen zählt man nur sieben oder acht, an andern gar nur zwei oder drei Maschen; in letzterem Falle ist offenbar die äußerste Spitze eines Prismas getroffen.

Die eben geschilderten Querschnitte sind durch mancherlei Übergänge mit den sternförmig zerklüfteten verbunden, die wir nunmehr zu betrachten haben. An einem solchen Querschnitt können wir, wie schon erwähnt, eine zentrale Partie unterscheiden, von deren Peripherie die Strahlenteile ausgehen. Es kann vorkommen, daß das Zentrum von dem peripheren Teil völlig abgelöst ist und selbst wieder strahlige Zerklüftungen an seinem Rand zeigt. Die Struktur im Inneren der Zentralteile besteht meist aus einem unregelmäßigen Maschenwerke. Dagegen zeigen die Strahlenteile, wenn nicht immer, so doch in vielen Fällen, die konzentrisch-strahlige Anordnung der Maschen, die wir auch an polygonalen Prismenquerschnitten schon feststellen konnten: ein vom Zentrum, d. h. etwa vom Mittelpunkt des ganzen Querschnitts, ausstrahlendes Radiensystem und eine Schar konzentrischer Kreise mit eben diesem Zentrum als Mittelpunkt.

Bisweilen liegen zwei sternförmige Querschnitte so dicht aneinander, daß sie sich gegenseitig abflachen. An den abgeflachten Seiten ist dann die strahlige Randpartie nicht ausgebildet. Auch unregelmäßig konturierte und rundliche Querschnitte können sich so

in ihrer Gestalt beeinflussen. Bei letzteren liegen, falls die konzentrisch-strahlige Bildung ausgeprägt ist, die Punkte, um welche die Kreise angeordnet sind, an den abgeflachten Rändern beider Querschnitte einander gegenüber. Die Kreise sind dann natürlich nicht mehr konzentrisch, sondern sie stehen nach den freien Rändern der Querschnitte hin weiter voneinander ab als nach den sich berührenden Rändern. Ein solcher einseitig abgeplatteter Prismenquerschnitt ähnelt etwa dem optischen Schnitt durch ein Stärkekorn.

Organische Substanz der Schale.

Ehe wir zur Betrachtung entkalkter Schliffe übergehen, sollen in Kürze zwei Bestimmungen mitgeteilt werden, die über die Menge der in den Schalen von *Margaritana margaritifera* enthaltenen organischen Substanz angestellt worden sind.

Da die letztere in der Perlmutter in sehr viel feinerer Verteilung auftritt als in der Prismenschicht, so erschien es geboten, bei der Bestimmung beide Schichten nach Möglichkeit voneinander zu trennen. Vom freien Schalenrand wurden also zwei Stücke abgesägt. Das eine wurde mit einer Feile und auf dem Schleifstein einerseits vom Periostracum, andrerseits von der Perlmutter befreit, und aus dem andern wurde auf ähnliche Weise ein Stück reine Perlmutter gewonnen. Es ergab sich folgendes:

Gewicht von Stück I (= Prismen) + Porzellantiegel	11,8497 g
Porzellantiegel	11,6468 g
Gewicht von Stück I	0,2029 g

Nach der Wägung wurde Stück I mit verdünnter Salzsäure völlig entkalkt, darauf sorgfältig ausgewaschen und etwa sechs Stunden lang bei 100° getrocknet. Jetzt ergab die Wägung 0,0030 g organische Substanz; das sind 1,47 Gewichtsprozent, also außerordentlich wenig.

Auf dieselbe Weise wurde Stück II (Perlmutter) behandelt. Hier wurde noch weniger, nämlich 0,64 % organische Substanz gefunden.

Es ist natürlich mit solchen Zahlen nicht allzuviel gesagt. Denn hätten wir die Stücke aus der Schalenmitte oder vom Schloßrand genommen, so würden wir wesentlich andre Zahlen erhalten haben. Nur das Eine tun sie dar, daß nämlich sowohl in der Perlmutter wie auch in der Prismenschicht die organische Substanz einen geringen Bruchteil des Gewichts ausmacht.

Entkalkte Flächenschliffe durch die Prismenschicht von *Margaritana* bieten mancherlei Interessantes. Betrachtet man einen solchen

Schliff bei schwacher Vergrößerung, so sieht man ein Netzwerk mit meist polygonalen Maschen, deren jede einem Prismenquerschnitt entspricht. Daß auch hier die kleineren Polygone vielfach dunkel, die größeren dagegen hell sind, wurde schon oben erwähnt und erklärt.

Am interessantesten sind auch hier wieder diejenigen Partien, die in der Nähe des Periostracums gelegen sind. Ist der Schliff nicht zu dünn, so sieht man zunächst sehr gut das Verhalten der im Querschnitt etwa fingerförmig erscheinenden Vorsprünge des Conchiolins, die vom Rand her radiär ins Innere der Polygone hineinragen. Namentlich erkennt man deutlich, daß diese Vorsprünge die Querschnitte von Längsleisten sind, die am äußeren Endteil des Prismas bis zu seiner Spitze hinziehen. Man kann die Kanten dieser Leisten als dunkle Strahlen nach dem Zentrum des Querschnitts, welches natürlich der Prismenspitze entspricht, verfolgen, wenn die ganze Conchiolinkappe, die die Spitze überzieht, erhalten ist (Fig. 6). Man beobachtet an solchen Stellen außerdem noch eine Anzahl von Höfen, die den Mittelpunkt konzentrisch umziehen. Diese Höfe sind bald kreisförmig, bald auch polygonal. Das ganze Bild erinnert stark an die nicht entkalkten Querschliffe aus dieser Gegend, da wir ja in beiden Fällen konzentrische mit radiären Strukturen sich rechtwinkelig schneiden sehen. Die Ähnlichkeit ist mitunter so groß, daß ich am Anfang oftmals glaubte, die Schliffe seien unvollständig entkalkt. Indessen ergab die Untersuchung zwischen gekreuzten Nikols jedesmal das vollständige Fehlen von Kalk. Auch die Vermutung, es handle sich hier um Abdrücke jener Strukturen der Kalkkerne im Conchiolin, scheint mir nicht wahrscheinlich zu sein. Ich bin vielmehr zu der Meinung gelangt, daß es sich hier nur um Abgüsse der ganzen Prismenenden handelt, die, wie wir ja oben gesehen haben, sich gegen das Conchiolin hin zuspitzen und häufig aus aufeinander gesetzten, immer kleiner werdenden Scheiben bestehen. Wir fassen demnach die konzentrischen, bald runden, bald polygonalen Höfe als die Abgüsse dieser Scheiben in der Conchiolinsubstanz auf.

Die Betrachtung solcher Präparate lehrt auch verstehen, wie Bowerbank (1844) dazu kommen konnte, die Prismen für Zellen zu halten. Er bildet nämlich solche Querschliffe ab und deutet an ihnen den innersten Hof — der meistens am schärfsten ausgeprägt ist, weil in der Regel gegen die Spitze hin die Größendifferenzen zwischen den Scheiben bedeutender werden — als Zellkern; ein Irrtum, der bei den damaligen unvollkommenen Hilfsmitteln diesem ausgezeichneten Beobachter leicht verziehen werden kann.

Manchmal stören sich die Prismenenden gegenseitig in ihren Lagerungsverhältnissen. Dies liegt daran, daß sie sich bisweilen nicht gleichmäßig verjüngen, sondern daß zwischen einer Anzahl von kleineren Scheiben unvermittelt eine viel größere auftritt, die dann seitlich bis in die Kalkmasse des benachbarten Prismas übergreift. Ich habe dies zwar auf Querschliffen nicht sehen können — Stellen, die diesen Bau der Prismenenden zeigten, waren überhaupt nicht häufig, da zu ihrer Deutlichmachung eine außerordentliche, von mir nur sehr selten erreichte Dünne des Schliffs gehört; indessen scheinen gewisse Querschnittsbilder eine andre Deutung als die vorhin gegebene nicht zuzulassen. Man kann nämlich an solchen Bildern bestimmt sehen, wie ein Querschnitt, d. h. eine Scheibe mit ihrem Rand in den benachbarten Querschnitt eindringt und ihn von der Seite her unterhöhlt, gewissermaßen ausfrißt. Bisweilen kommt es auch vor, daß eine solche Scheibe von zwei Seiten her angefressen wird; sie erscheint dann beim ersten Blick wie von den Rändern her eingerollt.

Die Perlmuttersubstanz.

Betrachtet man die Perlmutterlage auf einem Querschliff durch die Schale von *Margaritana margaritifera*, so sieht man bei mäßiger Vergrößerung zunächst etwas, was man geneigt sein könnte für Fasergebilde zu halten (Figg. 8, 10). Die scheinbaren Fasern verlaufen nicht völlig geradlinig, sondern leicht gewellt, d. h. etwa **S**-förmig gebogen. Ihre Länge reicht nicht durch die ganze Dicke der Perlmutterlage, sondern es scheinen mehrere übereinander geschichtete Lagen von solchen Fasern von hellerem und dunklerem Aussehen vorhanden zu sein. Diese Lagen sind allerdings nicht scharf von einander abgesetzt; vielmehr erscheinen sie als verwaschene Streifen, die von den Fasern schiefwinkelig gekreuzt werden. Die Fasern selbst verlaufen nicht etwa parallel der Achsenrichtung der Prismenlage, sondern bilden mit ihr spitze Winkel bald im einen, bald im entgegengesetzten Sinne. Indessen pflegen, wenn man nur mäßig große Bezirke ins Auge faßt, die Fasern eines solchen Bezirks allenthalben gleichgerichtet zu sein. Stellen, wo zwei Scharen sich kreuzender solcher Pseudofasern vorhanden sind, finden sich relativ selten; auch ist an solchen Stellen die eine Faserschar meist schärfer ausgeprägt als die andre.

Wesentlich anders wird dieses Bild, wenn wir uns der homogenen Immersion 2 mm bedienen (Fig. 9 bei *). Dann sieht man,

daß je zwei solche »Fasern« eine Strecke weit etwa parallel verlaufen, dann aber (und zwar beiderseits) konvergieren und schließlich zusammentreffen, so daß sie einen an beiden Enden in Spitzen ausgezogenen Streifen zwischen sich einfassen. Die Fasern selbst erscheinen nicht mehr glatt, sondern fein gezackt; und außerdem ist in jedem der erwähnten spindelförmigen Streifen noch eine feine, aber sehr deutliche Querstreifung zu erkennen, die von ziemlich großer Regelmäßigkeit ist (Fig. 9).

Offenbar haben wir hier dasselbe Bild, welches Ehrenbaum von *Mytilus* beschrieb, aber, wie es uns scheint, nicht richtig deutete.

In der Tat ist dieser Befund dazu geeignet, zunächst Schwierigkeiten zu machen. Verleitet durch den geschichteten Bau, wie wir ihn an den Prismen gefunden haben, glaubte auch ich anfangs, wie es schon Ehrenbaum erging, die Perlmutterlage sei ebenfalls aus lauter Prismen zusammengesetzt, die nur von denen der eigentlichen Prismenlage unterschieden seien durch geringere Größe und unregelmäßigere Gestalt. Auch würden in einem solchen spindelförmigen Prisma die Scheibchen, welche dasselbe konstituieren, nicht senkrecht, sondern schiefwinkelig zur Prismenachse stehen.

Um Klarheit über diese Verhältnisse zu schaffen, wurden Flächenschliffe durch die Perlmutterschicht angefertigt. An diesen ist nun nichts wahrzunehmen, was auf eine prismatische Struktur der Perlmutter schließen ließe; vielmehr findet man lediglich das bestätigt, was schon die älteren Autoren mitteilten. Das ganze Gesichtsfeld wird von scharfzackigen Linien durchzogen, die an einzelnen Stellen auseinanderweichen, an andern zusammenrücken, ohne indessen einander zu schneiden (Fig. 15). Jede solche Linie ist von einem hellen Saum begleitet. Die Flächen der von den Linien eingefaßten Streifen lassen bei sehr starker Vergrößerung (hom. Imm. 2 mm, Komp.-Ok. 18) undeutliche netzige Strukturen erkennen. Die Undeutlichkeit dürfte indessen von der zu großen Dicke des Schliffs herrühren. Die Breite der erwähnten Streifen beträgt im Mittel 1,2 μ bis 1,6 μ.

Offenbar sind die zackigen Linien nichts andres als die Durchschnitte der einzelnen Perlmutterschichten mit der Ebene des Schliffs.

Kehren wir nunmehr zu den Querschliffen zurück und untersuchen dieselben bei sehr starker Vergrößerung (hom. Imm. 2 mm, Komp.-Ok. 18), so finden wir in der Tat nichts mehr von einer Zusammensetzung aus spindelförmigen Prismenelementen. Vielmehr weist die Perlmutter einen geschichteten Bau auf, der außerdem noch von

schräg verlaufenden Strukturen durchzogen wird (Figg. 11, 12). Die feinen Schichten nämlich liegen nicht glatt aneinander an, sondern sie weichen in regelmäßigen Intervallen auseinander und schließen so kleine, etwa linsenförmige Hohlräume zwischen sich ein (Fig. 11 *h*). Diese Hohlräume zwischen den übereinander gelagerten Schichten sind auf dem Querschliff in schrägen Reihen untereinander angeordnet. Von den Lückenräumchen scheinen, wenn nicht allenthalben, so doch in sehr vielen Fällen feine, dunkle, spaltartige Linien auszugehen, die die benachbarten Kalklamellen in schiefer Richtung durchsetzen. Auch diese Linien der aufeinander folgenden Schichten sind in schrägen Reihen übereinander angeordnet, so daß ein solches Kontinuum von Spalten die Dicke der Perlmutter treppenartig durchsetzt (Figg. 11 u. 12). Die Treppen bilden oft die Grundlagen zu Sprüngen und Rissen, weshalb man wohl zunächst geneigt sein könnte, sie für Kunstprodukte zu halten. Daß sie das aber nicht sind, wird das Verhalten der organischen Substanz lehren, auf das wir weiter unten zu sprechen kommen.

Sehr geeignet zum Studium dieser äußerst feinen und einigermaßen verwickelten Verhältnisse sind Präparate, die man erhält, wenn man einen dünnen Querschliff zwischen zwei Objektträgern zerquetscht (Fig. 12). Der ganze Schliff ist alsdann von zwei solchen Systemen, mitunter nach zwei gleichweit von der Schichtennormalen abweichenden Richtungen verlaufender, treppenartiger Sprünge durchzogen. Jede Treppenstufe hat meistens die Dicke einer Elementarschicht der Perlmutter, und die Elementarschichten werden durch die Sprünge in viele rechteckige Stücke von etwa gleicher Größe zerlegt. Der ganze zerquetschte Schliff hat, um einen treffenden Vergleich Ehrenbaums zu gebrauchen, etwa das Aussehen eines aus Backsteinen aufgeführten Mauerwerks.

Es gibt auch Partien in der Perlmutter, deren Bau von dem eben beschriebenen Typus einigermaßen abweicht. Hier finden wir einerseits auch wieder eine deutlich geschichtete Struktur; doch fehlen die linsenförmigen Räumchen zwischen den Schichten, und auch die Spalten sind nicht wahrzunehmen. Dagegen sind hier die einzelnen Elementarschichten noch strukturiert; es erscheinen nämlich noch außerordentlich blasse Verbindungsfäden zwischen den Grenzflächen der Schichten. Das Ganze macht dann wieder den Eindruck eines Maschenwerks.

Zerquetscht man ein Stückchen Perlmutter von der Fläche her — man arbeitet, wie oben erwähnt, am besten mit Material, das

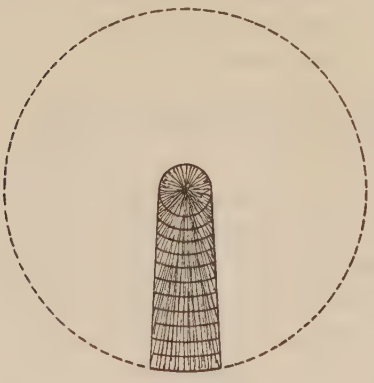
einige Zeit in verdünnter Kalilauge gelegen hat — so erhält man lauter kleine, unregelmäßige Polygone (Fig. 16). Diese zeigen bei den stärksten Vergrößerungen einen hellen Saum, der, wie man bei richtiger Beleuchtung feststellen kann, auch hier wieder von einer einzigen Maschenreihe gebildet wird. Im Inneren der Polygone ist öfters ein Zentrum wahrzunehmen, um welches sich ein Maschenwerk in regelmäßiger oder unregelmäßiger Weise gruppiert. Die Polygone der Perlmutter verhalten sich also ähnlich wie die Prismenquerschnitte; nur ist alles an ihnen kleiner, feiner und verschwommener als an jenen. Auch sind regelmäßige Strukturen, wenigstens bei der Perlmutter von *Margaritana* und *Anodonta*, von dem wir hier zunächst reden, weniger häufig als an den Prismenquerschnitten.

Über einige physikalische Eigenschaften der Prismen und der Perlmutter.

Unsere Untersuchungen haben ergeben, daß die Prismen der seither betrachteten Muschelarten eine sehr schöne und feine Mikrostruktur besitzen, welche, wie wir weiter unten sehen werden, beim Erhitzen der Prismen auf eine gewisse Temperatur noch viel deutlicher hervortritt. Diese Mikrostruktur gehört zur Kategorie derjenigen, welche Bütschli (1898) bei vielen organischen und anorganischen Substanzen gefunden und als globulitisch-wabige Struktur bezeichnet hat. Ohne hier genauer darauf einzugehen, wie wir uns das Entstehen und Hervorgehen einer solchen Struktur denken können, worüber bei Bütschli (1898, p. 141 u. p. 382, aber auch 1900) verglichen werden möge, bemerken wir nur, daß es sich um eine Struktur handelt, die einer feinen Schaumstruktur sehr ähnlich ist. Sie unterscheidet sich jedoch von dieser hauptsächlich dadurch, daß die feinen Hohlräumchen oder Alveolen nicht immer ganz voneinander getrennt sind, sondern wenigstens zum Teil Zusammenhänge besitzen, so daß der Charakter der Struktur auch mehr schwammartig werden kann. Die Hohlräumchen können nun entweder ganz regellos angeordnet sein, oder sich, ähnlich wie bei Schaumstrukturen, nach gewissen Richtungen hin regelmäßiger ordnen, wodurch die gesamte Struktur einigermaßen modifizierten Charakter erhält. So finden wir bei den geschilderten Prismen, daß die Hohlräumchen sich einmal in der Längsrichtung der Prismen hintereinander reihen, was die strahligfaserige Struktur bedingt, sich anderseits aber gleichzeitig in queren Reihen anordnen, was die feine querstreifige Struktur der Prismen bewirkt. — Diese Querstreifung ist jedoch in der Regel keine gerade,

sondern die zarten Querstreifen sind etwas bogig gekrümmt, wobei die Konkavität der Krümmung stets nach dem äußeren Ende der Prismen schaut. Ebenso ist auch die Längsfaserung oder Strahlung der Prismen der Prismenachse nicht genau parallel, sondern divergiert schwach von dem äußeren Ende der Prismen gegen das Innere.

Diese Mikrostruktur der Prismen ist also, wie es Bütschli für die Sphäriten nachwies, eine konzentrisch-strahlige Alveolarstruktur, und ein jedes solches Prisma erscheint in seiner Totalität wie ein langes prismatisches Stück, das aus einem großen Sphärokristall längs eines Radius herausgeschnitten wurde, in der Weise, wie es die beistehende Textfigur versinnlicht. — Nach dieser Auffassung, welche Herr Prof. Bütschli mir mitteilte, repräsentiert demnach jedes Prisma einen unvollständigen Sphärokristall. Daß diese Sphärokristalle der einzelnen Prismen so unvollständig ausgebildet sind, rührt daher, daß gleichzeitig und dicht nebeneinander die Anfänge der einzelnen Prismen oder Sphärokristalle gebildet wurden, die bald seitlich aufeinander stießen und sich so gegenseitig in der weiteren Ausbildung hemmten; nur an ihren inneren Enden vermochten sie einseitig weiter zu wachsen. Diese Auffassung der Prismen steht im Gegensatz zu der Biedermanns, welcher sie als eine Übereinanderschichtung äußerst dünner, scheibenförmiger Sphärokristalle[1] betrachtet. Gegen letztere Ansicht, welche ja durch das Verhalten der äußeren Prismenenden sehr nahe gelegt wird, spricht einmal der Umstand, daß auf den Querschliffen der Prismen, die nicht gerade die äußeren Prismenenden treffen, in der Regel nichts oder sehr wenig von konzentrisch-strahliger Struktur zu erkennen ist, während dies



Textfig. 2.

[1] Unter einem scheibenförmigen Sphärokristall oder einer Sphärenscheibe verstehen wir ein Gebilde, das sich verhält wie ein feiner Schnitt durch das Zentrum eines Sphärokristalls. Jede solche Sphärenscheibe muß daher das Zentrum eines Sphärokristalls enthalten. Daß echte Sphärokristalle durch einseitiges Auswachsen in langsäulenförmige Gebilde übergehen, die in jeder Beziehung den Prismen der *Anodonta* usw. gleichen, kommt bei Stärkekörnern häufig vor. Auf den Tafeln Nägelis (Die Stärkekörner, 1858) sind viele Beispiele hierfür zu finden.

der Fall sein müßte, wenn es sich um eine solche Zusammensetzung aus Sphärenscheiben handelte. Ferner steht mit dieser Ansicht in Widerspruch das Verhalten der Querschliffe der Prismen zwischen gekreuzten Nikols, indem sie hier ein sogenanntes Bertrandsches dunkles Kreuz zeigen, jedoch nicht das gewöhnliche Kreuz echter Sphärokristalle oder Sphärenscheiben. Ein solches Bertrandsches Kreuz aber müssen sie zeigen, wenn sie den von uns vorausgesetzten Bau besitzen. Wie früher dargelegt wurde, verhalten sich dagegen die äußeren Prismenenden etwas verschieden; sie springen abgerundet in das Periostracum vor und sind häufig aus übereinander getürmten scheibenartigen Körpern aufgebaut. Diese scheibenartigen Körper zeigen in der Flächenansicht den strahlig-konzentrischen Bau echter Sphärokristalle, und auch dies erklärt sich nach der vorgetragenen Ansicht sehr einfach. Es handelt sich hier um die ersten Anfänge der Prismen, welche zu einer Zeit auftraten, als die Kalkabscheidung gegenüber der Conchiolinbildung zurücktrat. Diese ersten Anfänge konnten sich ungehindert zu Sphärokristallen, resp. Sphärenscheiben ausbilden, indem sie seitlich noch nicht zusammenstießen; sobald sie jedoch bei stärkerer Kalkabscheidung seitlich zusammenstießen, konnten sie nur noch in der Dickenrichtung der Schale einseitig weiterwachsen und mußten sich zu Prismen umgestalten, wie dies aus dem nebenstehenden Schema deutlich hervorgeht. Insofern jedoch ihr Wachstum, auch schon vor dem Zusammenstoßen, wegen der einseitigen Zuführung des Materials von Innen, einseitig ist, so wird auch dies von Anfang an die Entwicklung säuliger, ganz einseitig ausgewachsener Sphärokristalle, d. h. solcher Prismen, wie sie die Schale aufbauen, befördern.

Textfig. 3.

Die hier vorgetragene Auffassung hat weiterhin den Vorzug, daß sie verstehen läßt, wie durch eine geringe Veränderung der Struktur der Prismen von *Anodonta* und *Margaritana* solche Prismen entstehen, wie die von *Pinna*, von denen wir weiter unten noch sprechen werden. Diese *Pinna*-Prismen zeigen kein Kreuz zwischen gekreuzten Nikols, verhalten sich daher wie einfache, einachsige Kristallprismen. Dies muß aber eintreten, wenn die längsfaserige und querstreifige Struktur

der *Anodonta*-Prismen genau parallel der Längsachse und senkrecht zu ihr wird, d. h. wenn das Divergieren der Längsfaserung und die konzentrische, bogige Krümmung der Querstreifung verschwindet, was an den Prismen von *Pinna* tatsächlich der Fall ist. Diese sind also gewissermaßen übergegangen in Sphärokristallteile mit unendlich großem Radius.

Es scheint daher auch nicht unmöglich, daß die Differenz zwischen den Prismen von *Pinna* und der der erstgeschilderten Muscheln vielleicht gar keine prinzipielle ist, sondern nur darauf beruht, daß erstere viel länger werden. Denn je länger ein solches Prisma auswächst, desto geringer muß auch die Divergenz der Längsfaserung und die Krümmung der Querstreifung werden. Wird aber die Divergenz der Längsfaserung sehr gering, letztere also der Achse nahezu parallel, so kann ein Bertrandsches Kreuz nicht mehr auftreten und das Prisma muß sich verhalten wie ein gewöhnlicher Kristall.

Natürlich geht aus dieser Auffassung auch hervor, daß die äußere Form der Prismen gar nichts mit eigentlicher Kristallform zu tun hat, sondern, wie schon Bütschli (1901) bemerkte, das Ergebnis des Zusammenstoßens der Sphärokristalle ist, eine Erscheinung, die ja bei Sphärokristallen so häufig beobachtet wird.

Für die so dünnen Perlmutterblättchen dagegen scheint es richtiger, sie als ganz dünne Sphärenscheibchen aufzufassen, um so mehr, als konzentrische Strukturen an ihnen häufiger beobachtet werden.

Auch das optische Verhalten der Prismen und der Perlmutter, das zuletzt von Kelly und Biedermann studiert wurde, und letzteren Forscher zu ähnlichen Anschauungen über die Prismen führte, wie sie von uns namentlich durch Untersuchung der Strukturen gewonnen wurde, spricht durchaus für die sphärokristallinische Natur der Prismen und der Perlmutterblättchen. Meine eigenen Untersuchungen beschränken sich auf die Betrachtung der Prismen und der Perlmutter zwischen gekreuzten Nikols, mit oder ohne Gipsblättchen erster Ordnung (vgl. Figg. 4, 4*a*, 5). Auf den Prismenquerschnitten, wenn dieselben nur dünn genug sind, erscheinen zwischen gekreuzten Nikols, ohne Anwendung des Gipsblättchens, mehr oder weniger regelmäßige, dunkle Kreuze in der Richtung der Hauptschnitte der beiden Nikols; jedoch geschieht dies nicht bei genauer Einstellung auf den Querschnitt der Prismen, sondern der Tubus muß bei richtiger Lage des Schliffs, d. h. wenn dessen Außenfläche nach oben gerichtet ist, etwas gehoben werden. Ist ein solcher Prismenquerschnitt bedeutend länger als breit, so treten auch Figuren auf,

die durch Verschmelzung zweier Kreuze entstanden zu sein scheinen. Vielleicht läßt dies auf die Verwachsung zweier Prismen schließen.

Schon ohne Gipsplättchen weisen die Prismenquerschnitte zwischen gekreuzten Nikols Farbenerscheinungen auf (Fig. 4). Nahe dem Rand jedes Querschnitts zieht meist ein dunkler Ringsaum hin, dieser ist außen von einem blauen, innen von einem roten und weiter nach dem Zentrum hin von einem gelben Saum begleitet. Die Farben und ihre Aufeinanderfolge vom Zentrum nach der Peripherie: Gelb, Rot, Dunkel, Blau, sind in allen vier durch das Kreuz erzeugten Quadranten dieselben.

Die Herren Prof. Dr. Cohen und Prof. Dr. Deecke in Greifswald, welche so liebenswürdig waren, meine Flächenschliffe durch die Prismenschicht von *Margaritana margaritifera* durchzusehen, machten mich darauf aufmerksam, daß es sich hier nicht um die gewöhnlichen Interferenzkreuze ganzer Sphärokristalle oder Sphärenscheiben, sondern um die sogenannten Bertrandschen Kreuze handelt. Diese Bertrandschen Kreuze entstehen, wenn man einen tangentialen Querschnitt durch einen Sphärokristall einachsiger Natur, der nicht durch das Zentrum geht, zwischen gekreuzten Nikols betrachtet. Die Erscheinung tritt nur dann deutlich hervor, wenn man den Tubus annähernd auf das Zentrum des Sphäriten einstellt, also in dem gegebenen Fall bedeutend höher oder, wenn der Schliff umgekehrt liegt, tiefer als die Ebene des Prismenschliffs. Ferner sind die Bertrandschen Kreuze im Gegensatz zu denen zentraler Durchschnitte von Sphäriten durch das Vorhandensein dunkler Interferenzringe gekennzeichnet. (Näheres siehe hierüber z. B. bei Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. 2. Aufl. 1892. Bd. 1, p. 72 ff.)

Das Auftreten der Bertrandschen Kreuze und nicht der Kreuze zentrischer Sphärokristalle liefert daher eine willkommene Bestätigung unserer oben vorgetragenen Ansicht über den Bau und die Auffassung der Prismen; denn wenn diese richtig ist, so können eben nur Bertrandsche Kreuze zu sehen sein. — Biedermann hat ferner schon nachgewiesen, daß im konvergierenden Lichte auch deutlich das Achsenkreuz einachsiger Kristalle an den Prismenquerschnitten zu erhalten ist. Wir können dies gemeinschaftlich mit Herrn Prof. W. Salomon bestätigen und bemerken hier gleich, daß die parallelfaserigen Prismen von *Pinna*, von denen später die Rede sein wird, dieses Achsenkreuz besonders schön zeigen. Es ist dies ja zu erwarten, da von den divergentfaserigen Prismen von *Margaritana* nur die

inneren, der Prismenachse nahezu parallelen Fasern die Entstehung des Achsenkreuzes bedingen.

Da die äußersten Prismenenden sich nach obiger Darlegung als vollständige kleine Sphärokristalle und Sphärenscheiben erweisen, so ist klar, daß Schliffe durch diese Region auch richtige Kreuze von Sphärokristallen zeigen werden, wie dies auch tatsächlich der Fall ist.

Die Untersuchung mit dem Gipsblättchen 1. O. ergibt das negative Verhalten der Kreuze.

Von *Anodonta* wurden nur Bruchstücke zur Untersuchung verwendet. Man findet nicht allzu selten solche, die mehrere Prismenquerschnitte von hinreichender Dünne darbieten. Hier ergab sich im wesentlichen ganz dasselbe Resultat. Die Kreuze sind meist etwas regelmäßiger, die Farbenerscheinungen, wenn sie nicht gänzlich fehlen, meist lebhafter als bei *Margaritana*.

Was die Perlmutter anlangt, so erscheint es zweifelhaft, ob das von uns Beobachtete allgemeine Gültigkeit hat. So viel ist jedenfalls sicher, daß man an vereinzelten Blättchen und kleinen Komplexen solcher ebenfalls Kreuze erhält (Fig. 19 *a* und *b*). Ob es sich nun hier um gewöhnliche oder um Bertrandsche Kreuze handelt, muß leider unentschieden bleiben, da mir das betreffende Präparat, an dem ich allein deutliche Kreuze wahrnehmen konnte, abhanden kam. Das Fehlen der Ringe dürfte für gewöhnliche Kreuze sprechen. Die Untersuchung mit dem Gipsblättchen 1. O. erwies auch hier den negativen Charakter der Kreuze.

Prof. Bütschli hat (1901) gefunden, daß die Kalknadeln von *Leucandra* bei mäßigem Erhitzen weiß und trübe werden, indem durch ihre ganze Masse eine sehr feine alveoläre Struktur auftritt, die sich auf das genaueste an die schon in den nicht erhitzten Nadeln sichtbare Schichtung anschließt. Er urteilt daher, mit Berücksichtigung seiner Erfahrungen über das ähnliche Verhalten der Kieselnadeln, daß auch schon in der nicht erhitzten Nadel eine feine Alveolarstruktur vorhanden sei, welche beim Erhitzen sich vergröbere und so sichtbar werde. Diese Erfahrungen wiesen darauf hin, auch bei den Kalkgebilden der Muschelschalen Erhitzungsversuche anzustellen, welche denn auch sofort ergaben, daß der kohlensaure Kalk der Muschelschalen, und zwar sowohl der der Prismen wie der der Perlmutter, ganz dasselbe Verhalten zeigt. Da nun ferner gelegentliche Versuche an den Kalkgebilden der Alcyonarien und den Stacheln der Seeigel das gleiche Verhalten des $CaCO_3$ dieser Skeletteile kennen lehrten, so scheint es sehr wahrscheinlich, daß den Kalkgebilden

des tierischen Organismus ganz allgemein diese Eigenschaft zukommt[1].

Man stellt Versuche in dieser Richtung am besten derart an, daß man in einem Platinlöffelchen etwas Jodkalium schmilzt, dann die Prismen oder Perlmutterstückchen in die geschmolzene Masse wirft und, wenn letztere erkaltet ist, das Jodkalium durch Auswaschen mit Wasser entfernt. Hierbei werden die Kalkteilchen auf etwa 634° erhitzt; dies ist der Schmelzpunkt des Jodkalium. Erhitzt man die Schalenteilchen direkt im Platinlöffelchen, so werden sie größtenteils ganz schwarz, undurchsichtig und infolgedessen unbrauchbar für die mikroskopische Untersuchung. Siedet man sie in Paraffin von möglichst hohem Schmelzpunkt, so ist die erreichte Temperatur nur selten genügend, um die gewünschten, gleich zu beschreibenden Veränderungen hervorzubringen. Immerhin liefert die Behandlung mit siedendem Paraffin gelegentlich brauchbare Präparate. Nur darf man es hier nicht unterlassen, das Paraffin mit Xylol recht gründlich wieder zu entfernen.

Betrachtet man nun ein solchermaßen erhitztes Prisma bei starker Vergrößerung (Komp.-Ok. 18, Imm. 2 mm), so zeigt der erste Blick, daß es viel dunkler ist als früher, und daß seine Strukturverhältnisse nun ungemein viel deutlicher hervortreten als an nicht erhitzten Prismen. Das ganze Objekt erscheint nämlich von feinen Hohlräumchen (Alveolen) durchsetzt, die sich hinsichtlich ihrer Anordnung den oben besprochenen Bauverhältnissen der Prismen anschließen, indem sie sich gleichzeitig in Quer- und in Längsreihen anordnen, wobei bald die eine, bald die andre Richtung schärfer hervortritt. Die Hohlräumchen sind vollkommen scharf konturiert und erscheinen zunächst wie dunkle Punkte oder Granula (Fig. 19*c*). Daß sie das aber nicht sind, lehrt ihr leicht nachweisbares optisches Verhalten; sie sind bei hoher Einstellung sehr dunkel, bei tiefer dagegen sehr hell, also viel schwächer brechend als die Gerüstsubstanz. Es ist daher nichts andres möglich, als daß diese Hohlräumchen mit Gas erfüllt sind. Auch an Zonen, die vor dem Erhitzen vollkommen strukturlos erschienen, kann man jetzt meist Strukturen wahrnehmen; und es macht den Eindruck, als ob hier die Wände des Gerüstwerks im Verhältnis zu den Hohlräumen stärker seien als in den deutlich

[1] Versuche, welche Herr Awerinzeff unter Leitung von Prof. Bütschli mit den Kalkschalen der Rhizopoden anstellte, ergaben ebenfalls, daß beim Erhitzen dieselbe feine Struktur in den Schalen auftritt (s. Zeitschr. f. wiss. Zool. LXXIV. 1903. p. 478—490).

strukturierten Gebieten. Vielleicht beruht darauf die scheinbare Homogenität dieser Zonen im nicht erhitzten Zustande.

Auch an den erhitzten Prismen mit deutlichen Strukturen lassen sich die dunklen und hellen Querbänder noch klar erkennen. Es ergibt sich nach der Verdeutlichung der Struktur noch klarer als an nicht erhitztem Material, daß die Dunkelheit der Querbänder bei tiefer Einstellung auf ihrer feineren Struktur beruht, also auf einem größeren Gehalt an fester, stark lichtbrechender Substanz und einem geringeren Betrag der Hohlräumchen. — Da die Strukturen der erhitzten Prismen beim Einbetten in Kanadabalsam vollständig erhalten bleiben, so folgt hieraus, daß der Balsam nicht ins Innere der Prismen eindringt, also die Hohlräumchen vollkommen gegen außen abgeschlossen sein müssen.

Beinahe noch auffallender sind die Veränderungen, die die Perlmutterblättchen beim Erhitzen erfahren. Hier tritt an Stelle der blassen, verschwommenen Struktur der nicht erhitzten Blättchen eine ganz klare, deutliche Alveolarstruktur hervor. Besonders schön ist an solchen Erhitzungspräparaten die Struktur der Grenzlinien zwischen den Perlmutterpolygonen zu sehen. Diese Grenzlinien sind nicht einfach, sondern doppelt; sie heben sich bei tiefer Einstellung als helle Streifen von den Polygonen ab und werden von einer einzigen Reihe regelmäßiger Räumchen gebildet (Fig. 23).

Worauf die geschilderten merkwürdigen Erscheinungen beim Erhitzen solcher sphärokristallinischen Körper eigentlich beruhen, vermögen wir vorerst kaum sicher zu erklären. Jedenfalls lassen die beim Erhitzen aufs deutlichste hervortretenden Alveolen unsre Ansicht, daß der Bau der Kalkelemente der Muschelschalen ein wabig-globulitischer ist, als richtig erscheinen. Dies um so mehr, als sich die geschilderte Erscheinung auch an künstlich hergestellten Sphärokristallen aufs schönste verfolgen läßt. Meine Versuche hierüber wurden auf Veranlassung von Prof. Bütschli in folgender Weise angestellt. In ein Reagensröhrchen wurde ein Quantum einer 16%igen Lösung von kohlensaurem Kali gegeben; darüber wurde mit einer Kapillarpipette vorsichtig das gleiche Volumen einer äquivalenten, das heißt 12%igen Chlorcalciumlösung geschichtet. Dann wurde das Röhrchen gut verkorkt und an einem geschützten Orte sich selbst überlassen. An der Grenze zwischen zwei solchen Lösungen bildet sich natürlich eine Niederschlagsmembran; diese wurde von Zeit zu Zeit mit einem Glasstäbchen vorsichtig durchgestoßen, um die Einwirkung beider Flüssigkeiten aufeinander auch fernerhin zu ermöglichen. Nach etwa acht Tagen wurde die gesamte Flüssigkeit abgesaugt, der

Niederschlag sorgfältig in Wasser ausgewaschen und getrocknet. Man findet in demselben bei mikroskopischer Untersuchung Sphärokristalle in den verschiedensten Formen und Größen, worauf wir hier nicht näher eingehen wollen. Wir verweisen hinsichtlich des Nähern auf das bereits citierte Werk von Bütschli: »Untersuchungen über Strukturen usw.«

Erhitzt man nun solch' künstliche Sphärokristalle in schmelzendem Jodkalium, so tritt genau dasselbe ein, wie bei den Prismen und den Perlmutterstückchen. Die ganze Sphäre erscheint, entsprechend dem schon von Bütschli nachgewiesenen globulitisch-wabigen Bau, durchsetzt von kleinen Vacuolen, die, dem Bau der Sphärokristalle entsprechend, konzentrisch-radiär angeordnet sind und bei hoher Einstellung dunkel, bei tiefer dagegen hell erscheinen, also Gas enthalten.

Zerstampft man dagegen einen Kalkspat- oder Aragonitkristall und untersucht dessen in Jodkalium erhitzte Partikelchen unter dem Mikroskop, so ist von einer solchen Vacuolisierung meist nicht das geringste, selten hier und da eine Spur zu sehen.

Die nächstliegende Vermutung über die Verdeutlichung der Struktur beim Erhitzen wäre ja wohl die, daß der kohlensaure Kalk der im Organismus vorkommenden Kalkgebilde und der Calcosphäriten eine besondere Modifikation sei, die schon bei verhältnismäßig schwachem Erhitzen in eine andre überginge, und daß dies der Grund der Veränderung sei. Der Vorgang würde sich dann etwa so auffassen lassen, wie das Auftreten fein alveolärer Strukturen bei der Verwitterung des gewöhnlichen phosphorsauren Natrons usw. nach den Beobachtungen Bütschlis (1898). Mit dieser Auffassung stimmt jedoch nicht überein, daß an den erhitzten Kalkgebilden nie besondere kristallinische Strukturen zu beobachten sind, welche auf eine Umkristallisation hinwiesen. Vielmehr erscheint die Struktur stets genau in dem Rahmen der schon an den unerhitzten sichtbaren Struktur, daher ganz wie eine Verdeutlichung der letzteren. Ferner harmoniert damit vor allem nicht, daß die optischen und sonstigen Eigenschaften der Kalknadeln der Schwämme und des Kalkskeletts der Echinodermen nach v. Ebners Untersuchungen (1887) kaum einen Zweifel lassen, daß sie aus Calcit (Kalkspat) bestehen. Nun hat zwar Kelly (1900) zu zeigen versucht, daß sowohl die Prismen gewisser Muschelschalen als auch ganz allgemein die Perlmutter aus einer besonderen Modifikation des $CaCO_3$, dem Conchit, bestehen, das schon bei 305° in Calcit umgewandelt werde. Da nun aber auch die Kalkgebilde,

welche nach KELLY aus Calcit bestehen sollen (Rhizopodenschalen, Nadeln der Calcispongien, Skelettgebilde der Alcyonarien und Echinodermen, Prismen von *Pinna*) nach unsern Erfahrungen beim Erhitzen die gleichen Strukturänderungen zeigen, so scheint uns die Annahme ausgeschlossen, daß die Ursache der Strukturänderung die Umwandlung von Conchit in Calcit sein könne. Es wird weiterer Untersuchungen bedürfen, um den Vorgang hinsichtlich seiner Bedingungen genauer aufzuklären.

Der feinere Bau der organischen Schalensubstanz (Conchiolin).

Wir betrachten zunächst einen dünnen Schnitt durch ein entkalktes Stückchen Schale von *Margaritana margaritifera*, der senkrecht zur Schalenoberfläche und tangential zu den Anwachsstreifen geführt ist. Ein solcher zeigt bei schwacher Vergrößerung das Periostracum als relativ dicke, bräunlich gefärbte Lage (Fig. 25 *po*). Unter derselben folgen die der Länge nach getroffenen Wände der Prismenscheiden, die etwa senkrecht zum Periostracum stehen (Fig. 25 *pm*). Zum Teil sind auch Wände der Scheiden von der Fläche zu sehen; namentlich dann, wenn der Schnitt etwas schief ausgefallen ist. Da, wo die Scheiden vom Schnitt getroffen sind, sieht man, daß im Conchiolin Verdickungen vorhanden sind, diese laufen ringförmig um das ganze Prisma herum nnd erscheinen natürlich auf dem Schnitt als Knoten. Solche Knoten ziehen bisweilen reihenweise quer durch die ganze Prismenschicht. Die Prismenlage ist nicht geradlinig, sondern treppenförmig gegen die unter ihr liegende Perlmutterlage abgegrenzt (Fig. 26), d. h. die obersten organischen Lamellen, die die Kalklager der Perlmutter trennen, sieht man nicht die ganze Breite des Schnitts durchziehen, sondern sie überlagern sich etwa wie die Stufen einer Treppe, und entsprechend ist immer das folgende Prisma um eine Stufe länger als das vorhergehende. Die Lamellen der Perlmutterlage sind leicht gewellt und nicht überall gleichweit voneinander entfernt; letzteres kann indessen wohl durch die Präparation künstlich herbeigeführt worden sein. Ab und zu tritt unter den Durchschnitten dieser zarten Lamellen, die die Hauptmasse der organischen Substanz in der Perlmutter ausmachen, der Durchschnitt einer derben, braunen Conchiolinmembran auf.

Untersuchen wir nun zunächst den Querschnitt durchs Periostracum bei starker Vergrößerung (hom. Imm. 2 mm, Komp.-Ok. 18), (Fig. 25). Wir sehen alsdann, daß derselbe eine feine Schichtung parallel dem äußeren Rand zeigt, die an manchen Stellen sehr

deutlich, an andern weniger deutlich ist. Bei günstiger, d. h. nicht zu starker Beleuchtung kann man mit Sicherheit feststellen, daß diese Streifung daher kommt, daß rundliche, feine Alveolen aneinander und reihenweise übereinander gereiht sind, so daß also auch hier wiederum ein feines Wabenwerk sich findet. Die Anordnung und Größe der Waben ist sehr regelmäßig. Die parallel dem äußeren Rand ziehende Streifung ist dasjenige, was zuerst in die Augen fällt und auch dem im Mikroskopieren weniger Geübten leicht sichtbar wird. Dagegen bedarf es, wenn man nicht zufällig sogleich eine besonders charakteristische Stelle des Präparats ins Gesichtsfeld bekommt, eines sehr scharfen Zusehens, um auch die senkrecht auf dieser Streifung stehenden, sehr feinen und blassen Verbindungslinien zu erkennen, die natürlich im optischen Schnitt gesehene Wabenwände sind. Man kommt am leichtesten zum Ziel, wenn man von den dunkleren Stellen der oben erwähnten Streifung ausgeht. Eine solche Stelle scheint durch eine Anzahl besonders deutlicher aufeinanderfolgender Knotenpunkte gebildet zu werden. Geht man von diesen Knotenpunkten aus, so ist es nicht schwer, die auf die Streifung senkrechten feinen Verbindungslinien zu verfolgen.

Auf das Periostracum folgen die Conchiolinsepten, welche die Kalkprismen der Prismenschicht voneinander scheiden. Wir wollen zunächst ein Stückchen eines solchen Septums von der Fläche mit sehr starker Vergrößerung betrachten (Fig. 28). Dabei ergibt sich die merkwürdige Tatsache, daß die Septenwände ziemlich genau dieselben feinen Strukturen zeigen, wie die von ihnen umhüllten Kalkprismen. Man sieht aufs allerdeutlichste — namentlich wenn man in dem schwächer brechenden Wasser untersucht, oder unter der Luftpumpe aus Xylol ausgetrocknete Schnitte in Luft, resp. nach Einschluß in geschmolzenen, rasch erhärtenden Kanadabalsam betrachtet — sehr schön in Quer- und zum Teil auch in Längsreihen angeordnete Alveolenzüge. Daß dieses Bild etwa nur ein Abdruck der Prismenoberfläche in die Masse des umscheidenden Conchiolins sei, ist deshalb nicht wahrscheinlich, weil auf Schliffen durch die Schale von *Meleagrina margaritifera*, die zum Vergleich untersucht wurden, ein alveolärer Bau des Conchiolins der Prismenschicht bestimmt zu erkennen ist. Namentlich sind es hier die ringwulstartigen Verdickungen der Septen, die von Reihen kleiner Hohlräume durchsetzt erscheinen. Die Hohlräumchen liegen allerdings nicht immer so dicht beieinander, daß sie sich berühren, so daß also von einem regelrechten Wabenwerk hier nicht gesprochen werden kann.

Jedenfalls aber sind die Prismensepten von *Meleagrina* nicht homogen; in diesem Punkt stimmen meine Beobachtungen mit denen Biedermanns und älterer Autoren überein.

v. Nathusius-Königsborn vertrat die Ansicht — und Biedermann widerspricht ihm hierin nicht — daß die Kalkprismen von organischer Substanz reichlich durchsetzt seien; die Querscheibchen der Prismen seien durch quergespannte Conchiolinmembranen voneinander getrennt. Schon unsere Entkalkungsversuche an isolierten Prismen, die wir weiter unten mitteilen werden, sprechen gegen diese Ansicht. Auf Schnitten durch die entkalkte Prismenlage ist gleichfalls nicht das geringste von solchen quergespannten Membranen wahrzunehmen, auch wenn die Entkalkung in der vorsichtigsten Weise ausgeführt war. Wohl aber wird hier und da die Prismenlage durch feine, alveolär gebaute Conchiolinmembranen in mehrere Etagen geteilt.

Die Grenze zwischen Prismenschicht und Perlmutter wollen wir erst ins Auge fassen, nachdem wir uns über den feineren Bau der organischen Substanz der Perlmutter unterrichtet haben. Bei starker Vergrößerung findet man, daß letztere keineswegs lediglich geschichtet ist. Vielmehr müssen wir, entgegen der Meinung Biedermanns, Ehrenbaum zustimmen, der bereits angibt, daß die zarten parallelen Lamellen vielfach durch aufsteigende Querwände miteinander verbunden sind (Fig. 27). Wir haben oben die treppenartig angeordneten Spalten erwähnt, die die Kalklamellen der Perlmutter durchsetzen, mit denen die oft auftretenden treppenartigen Sprünge zusammenhängen. Auf Querschnitten durch die entkalkte Schale finden wir, genau mit jenem Ergebnis übereinstimmend, feine Verbindungslamellen zwischen den geschichteten Conchiolinlamellen der Perlmutter, und diese Verbindungslamellen (*s*) sind ebenfalls so angeordnet, daß die benachbarten der aufeinander folgenden Schichten eine Treppenlinie bilden. Da, wo die Verbindungslamellen mit den Schichtlamellen sich verbinden, finden sich meist sehr deutliche, dunkle Knotenpunkte. Außer den treppenartig angeordneten und wegen der starken Färbung auch ziemlich deutlichen Verbindungslamellen gibt es noch weitere, sehr blasse, die den von zwei Conchiolinlamellenquerschnitten eingefaßten Streifen in regelmäßige Fächer teilen. Daß diese blassen Lamellen hier und da in größeren Bezirken zu fehlen scheinen, kann sehr wohl daher rühren, daß sie beim Entkalken von den entweichenden Kohlensäureblasen zerrissen und unkenntlich gemacht worden sind.

Hiernach scheint es, als ob die organische Grundsubstanz der

Perlmutter einen nicht rein lamellären, sondern gleichzeitig auch gekammerten Bau zeige. In den einzelnen Kammern ist dann der kohlensaure Kalk in Form der Perlmutterblättchen eingeschlossen.

Über die Verhältnisse auf der Grenze zwischen Prismenlage und Perlmutter gelang es mir nicht, völlige Klarheit zu erhalten. Nach dem, was ich gesehen, scheinen die Prismen allmählich in die Lamellen der Perlmutter überzugehen, d. h. nicht mit scharf umschriebenen Enden in die Perlmutter eingepflanzt zu sein. In den geschichteten Conchiolinlamellen der Perlmutter sieht man in einer gewissen Tiefe unter der eigentlichen Prismenlage knötchenartige Verdickungen auftreten. Diese Verdickungen vereinigen sich weiter nach der Prismenlage hin zu Zeilen von verschiedener Richtung und schließlich zu einem unregelmäßigen Gitterwerk. Je mehr man sich der Prismenlage nähert, desto mehr nimmt dieses Gitterwerk an Regelmäßigkeit zu; und schließlich geht es, indem seine Maschen sich dichter und dichter zusammendrängen, in die Wände der Prismenscheiden über. An solchen Stellen mag wohl eine innigere Durchsetzung des Kalks und der organischen Materie stattfinden als anders wo in der Muschelschale.

Die Frage, ob die Kalkprismen reichlich von organischer Substanz durchsetzt seien, oder ob sie im wesentlichen nur aus kohlensaurem Kalk bestehen, versuchten wir auch noch durch vorsichtige Entkalkung isolierter Prismen zu beantworten. Dabei wurden Prismen unter dem Deckglas mit 2‰ Salzsäure, der zuweilen auch noch eine Spur Methylenblau zugesetzt war, behandelt und der Vorgang unter dem Mikroskop verfolgt. Wenn die verdünnte Salzsäure einige Zeit eingewirkt hat, so beginnt sich die Conchiolinscheide von dem Kalkprisma abzuheben. Die Konturen des Prismas erscheinen nun nicht mehr glatt, sondern wellig; dies rührt offenbar daher, daß, wie wir fanden, im Prisma dichtere mit weniger dichten Querzonen alternieren. Die dichteren aber werden von der Salzsäure langsamer angegriffen als die weniger dichten.

Schließlich verbleibt an Stelle des Kalkprismas ein ganz geringer, schattenhafter Rückstand. Ich neige indessen nicht dazu, diesen für organische Substanz zu halten. Denn Partikelchen von Kalkspat oder Aragonit lösen sich, wie auch schon Bütschli bei Gelegenheit seiner Studien über die Kalknadeln von *Leucandra* für Calcit mitteilte, ebenfalls nicht spurlos in Salzsäure auf, sondern hinterlassen eben solche geringfügige Reste.

Es darf daher als sicher betrachtet werden, daß im großen und

ganzen in der Muschelschale der kohlensaure Kalk und die organische Substanz hinsichtlich ihrer räumlichen Anordnung scharf voneinander getrennt sind.

Bemerkungen über die chemische Natur der organischen Schalensubstanz.

Im folgenden soll über einige Versuche berichtet werden, die zur Nachprüfung der von älteren Autoren vorgetragenen Ansichten über die Natur der organischen Schalensubstanz angestellt wurden. Von Kost war behauptet worden, die Substanz stimme mit dem Chitin überein; dagegen gelangte Frémy zu dem Resultat, es handle sich hier um ein Albuminoid, das außer in den Muschelschalen noch in den Hornachsen mancher Cölenteraten und in den Eischalen gewisser Mollusken sich finde. Für letztere wollte später Krukenberg gefunden haben, daß nur gewisse Stellen der Schale eine deutliche Reaktion mit Millons Reagens gäben.

Zunächst möge die Darstellung unsrer Versuche an der Muschelschalensubstanz folgen. Einige Schalen von *Anodonta* wurden in einem Mörser zerstampft und dann mit verdünnter Salzsäure so lange behandelt, bis die Gasentwicklung aufhörte. Dann wurde der Rückstand bis zum Schwinden der sauren Reaktion ausgewaschen, weiter mit 2%iger Natronlauge längere Zeit bis zum Sieden erhitzt. Dabei löste sich sehr viel von der Masse mit dunkelbrauner Farbe auf. Die mikroskopische Untersuchung der Überbleibsel ergab, daß nur noch ganz vereinzelte geformte Stückchen vorhanden waren, und es liegt die Annahme nahe, daß auch diese bei längerer Einwirkung der Natronlauge sich noch gelöst haben würden.

Ebenso verhält sich auch das Conchiolin von *Margaritana* gegen Natronlauge.

Diese geringe Widerstandsfähigkeit der organischen Schalensubstanz gegen schwache Natronlauge spricht zunächst entschieden gegen die Behauptung, daß hier Chitin vorliege. Denn dieses — bekanntlich kein Eiweißkörper, sondern ein stickstoffhaltiges Derivat eines Kohlehydrats — ist gerade durch seine Unlöslichkeit in Kali- und Natronlauge ausgezeichnet.

Die organische Substanz der Schale ist nicht einheitlich. Vielmehr wechseln derbere, braune Lamellen mit zarten weißen ab; die chemische Differenz dieser Lamellen ist schon früher — namentlich von v. Voit — konstatiert worden. Uns kam es hier weniger auf diesen Punkt an, sondern im Wesentlichen auf die Beantwortung der

Frage, ob sich beide Bestandteile der organischen Schalensubstanz wie Eiweißkörper verhalten oder nicht.

Es wurden nun Schalen von *Margaritana margaritifera* unzerkleinert längere Zeit mit Salzsäure behandelt, bis sie völlig entkalkt waren. Man kann sie alsdann auseinanderblättern und weiße und braune Häute für sich gewinnen.

Die weißen Häute, die lediglich der Perlmutter angehören, geben erstens sehr deutlich die Xanthoproteinreaktion; d. h. sie färben sich, mit Salpetersäure erhitzt, gelb. Setzt man jetzt Ammoniak zu, so schlägt die Gelbfärbung in ein dunkles Orange um. — Zweitens läßt sich leicht die Millonsche Reaktion erzielen. Man erhitzt ein Stückchen der Substanz mit einer Lösung von Merkurinitrat [$(NO_3)_2Hg$], welche Spuren von Nitrit enthalten muß, und die man mit verdünnter Essigsäure ansäuert. Das Reagens darf nicht im Überschusse zugesetzt werden, da sonst das Nitrit die auftretende charakteristische Farbe wieder zerstört. Diese sehr wertvolle Eiweißprobe lieferte, wie gesagt, hier ein durchaus unzweideutiges, positives Resultat, indem die Substanz die charakteristische Rotfärbung annahm.

Wenn man sehr umsichtig verfährt, so erhält man mit den weißen Häuten auch die Biuret-Reaktion. Im Reagenzröhrchen wollte uns dieselbe nie gelingen. Schließlich tränkte ich auf Anraten von Herrn Prof. Bütschli ein Stückchen Substanz mit Kupfersulfat, brachte es auf den Deckel eines Porzellantiegels und setzte dann mit einem Glasstäbchen vorsichtig Natronlauge zu. Dabei trat deutliche Violettfärbung auf.

Ferner wurde ein Stückchen der weißen Lamellensubstanz mit einem Tropfen roher Salzsäure auf dem Porzellandeckel erwärmt. Es trat eine schmutzig violette Färbung auf, und diese spricht ebenfalls für die albuminoide Natur des Conchiolins. Allerdings ist diese Reaktion die am wenigsten zuverlässige von allen, die von uns angestellt worden sind.

Mit den braunen Häuten, welche nach einer Angabe v. Voits eisenhaltig sind, konnte eine Berlinerblaureaktion nicht erzielt werden. Diese braunen Häute geben sehr stark die Xanthoprotein- und die Millonsche Reaktion, dagegen nicht die Biuret-Reaktion. Letzteres mag indessen wohl von der starken Eigenfärbung der Häute herrühren.

Diese Versuche bestätigen also durchaus die Ansicht, daß es sich hier um Stoffe handelt, die zu den Albuminoiden gehören.

Was die Kokonhüllen der Mollusken anlangt, so haben mir die einer *Buccinum*-Art und einer *Nassa* (oder *Purpura*?) zur Verfügung

gestanden. Auch diese zeigten sich gegen Kalilauge sehr wenig widerstandsfähig. Eihüllen von *Nassa*, mit 10%iger Kalilauge bei ca. 40° behandelt, lösten sich fast völlig auf. Daher habe ich die Hüllen späterhin, um sie von etwa anhaftenden fremden Eiweißkörpern zu befreien, für mehrere Stunden mit nur etwa 5%iger Kalilauge in der Kälte behandelt. Sie wurden alsdann sorgfältig ausgewaschen. Erwärmt man eine auf diese Weise gereinigte unverletzte Hülle von *Nassa* mit Millonschem Reagens, so tritt in der Tat, wie es Krukenberg beschreibt, an den Polen der Schale, d. h. einerseits da, wo sie an der Unterlage festgeheftet war, starke Rotfärbung auf, während das übrige bei nicht genauer Untersuchung ungefärbt erscheint. Allein unter der Lupe sieht man, daß auch dieses die charakteristische Farbe zeigt; sie ist nur weniger intensiv, weil die Hülle in diesen Partien sehr dünnwandig und durchscheinend ist. Krukenbergs Ansicht also, daß die Pole von andrer chemischer Beschaffenheit seien als die übrige Hülle, erfährt durch unsre Beobachtungen keine Stütze.

Die Hüllen von *Nassa* geben ferner auch starke Xanthoprotein- und Biuret-Reaktion.

Die Hüllen von *Buccinum* gaben merkwürdigerweise nicht die Millonsche und Xanthoproteinreaktion, dagegen sehr deutlich die Biuret-Reaktion. Indessen ist es wohl möglich, daß andre, die im Anstellen von Eiweißreaktionen geschickter sind als ich, in diesem Punkt zu andern Resultaten gelangen[1].

Endlich noch ein paar Worte über das Verhalten der Hornachsen von Octokorallen, die ich zum Vergleich heranzog. Für die Untersuchung standen zwei Arten zu Gebote, nämlich *Gorgonella sarmentosa* und *Rhipidiglossa flabellum*. Die Hornachsen wurden mit 10%iger Kalilauge bei 40° behandelt; sie zerfielen dabei in einzelne Lamellen. Solche Lamellen geben starke Millonsche und Xanthoproteinreaktion. Daß die übrigen Reaktionen ausblieben, dürfte wiederum mit der starken Eigenfärbung der Substanz zusammenhängen.

Auch hier können wir also mit Sicherheit auf ein Albuminoid schließen. Ob dasselbe mit dem Conchiolin wirklich identisch ist, mag dahingestellt bleiben. Die Nachprüfung zur Entscheidung dieser Frage würde eingehendere chemische Untersuchungen erfordern, als sie der Rahmen dieser Abhandlung zuläßt.

---

[1] Vgl. die nach Abfassung meiner Arbeit erschienene Dissertation von A. Reichard: »Über Cuticular- und Gerüstsubstanzen bei wirbellosen Tieren. Frankfurt a/M. 1902.

Das äußere Mantelepithel von Margaritana margaritifera.

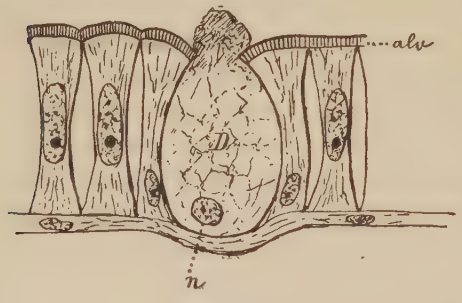
Über den Mantel von *Margaritana margaritifera* habe ich nur einige wenige Beobachtungen mitzuteilen. Es wurde nach verschiedenen Methoden konserviertes Material untersucht. Als Konservierungsflüssigkeiten dienten 1) Sublimat, 2) Pikrinsäure mit Zusatz von etwas Osmiumsäure; 3) Alkohol. Nr. 1 erwies sich als am geeignetsten. Gefärbt wurde mit Hämatoxylin. Sehr brauchbare Präparate, namentlich für Flächenbilder, erhält man durch Versilberung.

Der Mantel einer Muschel besteht bekanntlich aus zwei Epithellagen, einer nach der Schale und einer nach dem Körper hin gewendeten; beide Lagen werden durch eine Zwischenmasse von Bindegewebe getrennt. Es gelingt an fixiertem Material meist sehr leicht, beide Lagen voneinander zu trennen und von dem anhaftenden Bindegewebe wesentlich zu befreien. Man kann dann die der Schale zugewendete Epithelschicht — denn nur auf diese kommt es uns hier an — bequem im Flächenbild untersuchen. Auch Schnitte wurden zur Vergleichung mit den Flächenbildern herangezogen.

Die der Schale zugekehrte Mantelfläche zeigt nun folgendes mikroskopische Bild (Fig. 17). Mäandrisch ineinandergebogene unregelmäßig gestaltete Epithelzellen setzen sich zu einer Mosaik zusammen, in der hier und da größere, runde, dunkle Körper (*D*) zerstreut liegen. Letztere zeigen in der Mitte je einen scharf umrandeten, hellen Fleck; um denselben herum werden die Körper *D* von den mäandrischen Zellen zum Teil überlagert. Diese rundlichen Körper sind offenbar Drüsenzellen, und die hellen Flecke ihre Ausführungsporen.

Das Innere der mäandrischen Zellen besteht aus einer bei mäßiger Vergrößerung granulös erscheinenden Protoplasmamasse. Der Zellkern liegt selten in der Mitte, vielmehr meist in einer peripheren Ausbuchtung der Zelle. Stellt man nicht genau auf die Oberfläche des Epithels ein, sondern etwas tiefer, so sieht man zwischen den mäandrischen Zellen ziemlich breite Zwischenräume, so daß die Zellgrenzen als weit auseinanderliegende Doppellinien erscheinen. (Siehe Fig. 17.) Stellt man den Tubus aber genau auf die Oberfläche ein, so werden die Zellgrenzen zu einfachen, feinen, scharfen Linien, wie man namentlich an den versilberten Präparaten sehr schön sehen kann. Die Schnitte durch das Mantelepithel bestätigen und erklären das Flächenbild. Hier sieht man (vgl. Textfig. 4), daß die Epithelzellen einander an den äußeren und inneren Enden berühren, während ihre mittleren Teile auseinanderweichen und ziemlich weite

Räume zwischen sich lassen. An der der Schale zugewendeten Seite weist das Epithel einen sehr deutlichen Alveolarsaum auf. Die Kerne liegen ungefähr in der Mitte der Höhe der Epithelzellen; das Protoplasma ist fein längsfaserig. Die einzelligen Drüsen sind große, becherförmige Gebilde mit körnigem Inhalt; nicht selten bemerkt man Schleimpfröpfe aus den Zellen austreten. Da, wo eine Drüsenzelle liegt, findet sich gewöhnlich eine Einsenkung der äußeren Epithelgrenze.



Textfig. 4.

Für uns sind die eben beschriebenen Verhältnisse insofern wichtig, als aus ihnen hervorgeht, daß weder die polygonale Felderung der Perlmutter noch auch die polygonalen Querschnitte der Prismen etwa den Umrissen der sie erzeugenden Epithelzellen entsprechen können. Immerhin aber ist es sehr wohl denkbar und soll durchaus nicht bestritten werden, daß gewisse Reliefzeichnungen, wie sie auf der inneren Schalenfläche an der Perlmutter beobachtet worden sind, als Abdrücke der Enden der Epithelzellen aufgefaßt werden können.

Über den feineren Bau einiger andrer Muschelschalen.

Es soll im folgenden noch kurz über einige Beobachtungen an den Schalen von *Meleagrina* (*Avicula*) *margaritifera* L., der Seeperlmuschel, und an denen von *Pinna pectinata* L. berichtet werden.

Im Prinzip stimmt der Bau dieser Schalen mit dem der oben betrachteten völlig überein. Bei *Meleagrina*, deren Schalen sehr dick sind, ist die Perlmutterschicht ganz besonders mächtig; bei *Pinna* besteht im Gegenteil fast die ganze Schale aus Prismen, es findet sich nur eine sehr dünne Lage von Perlmutter. Die Prismen von *Meleagrina* sind in ihren Umrissen etwas eckiger und scharfkantiger als die von *Anodonta* und *Margaritana*. Vielfach sind sie von eigentümlich geschlängelten Kanälen durchsetzt, etwa wie Stücke Holz, in denen Insektenlarven gebohrt haben. Die Kanäle rühren nach manchen Autoren von in der Schale parasitierenden Pilzen her. Die feinere Struktur der Prismen verhält sich ganz genau so, wie bei den andern von mir untersuchten Formen. Nach dem Erhitzen in Jodkalium tritt sie mit einer ganz außerordentlichen

Deutlichkeit hervor. Manchmal erscheint dann auch das ganze Prisma opak dunkel, d. h. wenn es relativ dick und durch und durch von den gaserfüllten Alveolen durchsetzt ist. Bisweilen sind an den erhitzten Prismen eine Anzahl von Alveolen zu einem größeren, unregelmäßig gestalteten Hohlräumchen vereinigt. Auf Querbrüchen der Prismen sind Zentren von abweichender Lichtbrechung, ferner auch konzentrische Höfe und strahlige Bildungen bisweilen zu erkennen.

Auch die Perlmutter stimmt mit der der übrigen Arten völlig überein, so daß ich den Leser nur mit Wiederholungen ermüden würde, wollte ich dieselbe hier nochmals im einzelnen beschreiben.

Zwischen gekreuzten Nikols erscheinen an Querschliffen durch die Schale einige der längsgetroffenen Prismen hell, andre zwischen diesen befindliche dagegen mehr oder weniger dunkel. An Flächenschliffen ergibt sich das Entsprechende: einige polygonale Felder sind hell, andre dunkel. Dunkle Kreuze der Prismenquerschnitte waren indessen hier nicht nachzuweisen. Die Prismen verhalten sich nach dem Gesagten etwa wie verschieden orientierte Kristalle.

Erwähnenswert sind noch die eigentümlichen geradlinigen Streifungen vieler Prismen, die sowohl an Querschliffen als auch an Flächenschliffen der Schale auftreten, und die wohl als mehr oder weniger stark ausgebildete feine Sprünge aufzufassen sind. Ich habe dieselben in der Art untersucht, daß ich sie zunächst mit dem Zeichenapparate sorgfältig aufnahm und dann mit einem Transporteur die Winkel, die sie miteinander bildeten, einer möglichst genauen Messung unterzog. An den Längsschliffen durch die Prismen lassen sich dreierlei Richtungen dieser Sprünge unterscheiden. Die eine von ihnen läuft ungefähr — manchmal genau — parallel der Prismenachse, d. h. sie schneidet dieselbe höchstens unter einem sehr spitzen Winkel; die beiden andern sind stärker gegen die Prismenachse geneigt. Irgend eine Konstanz der von den Sprungrichtungen gebildeten Winkel ließ sich jedoch nicht nachweisen.

Die Prismen von *Pinna pectinata* verhalten sich im ganzen eben so, wie die der übrigen von mir untersuchten Arten. Nur in dem Punkt, dessen wir auch bei der Besprechung der Prismen von *Meleagrina* gedacht, weichen sie ab. Untersucht man nämlich Querbrüche oder Querschliffe von *Pinna*-Prismen zwischen gekreuzten Nikols, so bekommt man nie ein dunkles Kreuz zu sehen. Dieselbe Beobachtung hat schon Biedermann in seiner zitierten Arbeit gemacht. Daß dies abweichende optische Verhalten der *Pinna*-Prismen unsrer Ansicht nach auf einer Strukturbesonderheit beruht, wurde

schon oben (p. 19) angedeutet. Diese Strukturbesonderheit besteht darin, daß die Längsfaserung nicht, wie bei *Anodonta* und *Margaritana*, gegen die Prismenachse konvergiert, sondern derselben parallel verläuft, und daß die Querstruktur nicht bogig gekrümmt ist, sondern die Längsstruktur geradlinig unter 90° schneidet. — Erhitzungsversuche geben hier dieselben Resultate wie bei den übrigen Arten.

Einiges Interessante läßt sich an der Perlmutter von *Pinna* feststellen. Während dieselbe nämlich sich an vielen Stellen durchaus so verhält, wie wir sie für *Margaritana* und *Anodonta* beschrieben haben, bietet sie hin und wieder ein davon ganz abweichendes Bild dar, indem regelmäßig sechsseitige Kristalltafeln ausgebildet sind (Fig. 18). Das Zentrum einer solchen Tafel ist auch hier sehr oft durch abweichende Lichtbrechung ausgezeichnet.

Beobachtungen an den Kalkkörperchen von Alcyonium palmatum.

An den Kalkkörperchen von *Alcyonium palmatum* habe ich einige Untersuchungen angestellt, um zu prüfen, ob sie sich beim Erhitzen wie der kohlensaure Kalk der Muschelschalen verhalten. Ein solches Kalkkörperchen hat, wenn es wohl ausgebildet ist, die Grundform einer Spindel, die mit einer Anzahl wirtelig um die Längsachse angeordneter Höcker besetzt ist. Die Anzahl dieser Höcker ist verschieden groß. Betrachtet man ein Kalkkörperchen bei schwacher Vergrößerung, so erscheint seine Struktur faserig. Die Fasern ziehen zum Teil parallel der Spindelachse, zum Teil biegen sie von derselben ab und setzen sich in die Höcker hinein fort, wo sie wieder der Längsachse der Höcker parallel gerichtet sind. Die Erhitzungsversuche an solchen Sklerodermiten ergaben nun ganz klar, daß auch hier ein globulitisch-wabiger Bau vorliegt. Die Körperchen wurden, wie Prismen und Perlmutter, im Platinlöffelchen mit schmelzendem Jodkalium erhitzt. Nun zeigten sie sich ganz und gar von feinen Alveolen durchsetzt, die vorwiegend in Längsreihen angeordnet sind und die schon oben beschriebene Faserstruktur aufs deutlichste hervortreten lassen. Hieraus dürfte also wieder geschlossen werden, daß die faserige Struktur der nicht erhitzten Gebilde gleichfalls eine alveoläre ist.

Endlich sei hier noch kurz erwähnt, daß auch Stückchen von Seeigelstacheln nach dem Erhitzen in Jodkalium die fein alveoläre Struktur sehr schön zeigen.

Greifswald, im Juni 1903.

Literatur.

1901. Biedermann, W., Untersuchungen über Bau und Entstehung der Molluskenschalen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXXVI.

1902. —— Über die Bedeutung von Kristallisationsprozessen bei der Bildung der Skelette wirbelloser Tiere, namentlich der Molluskenschalen. Zeitschrift f. allgem. Physiol. I. 2.

1844. Bowerbank, J. S., On the structure of the Shells of molluscous and conchiferous Animals. Transact. of the microsc. Soc. I. p. 123—154.

1898. Bütschli, O., Untersuchungen über Strukturen. Leipzig.

1900. —— Untersuch. über Mikrostrukturen des erstarrten Schwefels. Leipzig.

1901. —— Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXIX. p. 235—286. Taf. XIX—XXI.

—— Referate Nr. 677 und 694 über die Arbeiten von Biedermann (1901) und Kelly (1901). In: Zool. Centralbl. 1901.

1885. Ehrenbaum, Untersuchungen über die Struktur und Bildung der Schale der in der Kieler Bucht häufig vorkommenden Muscheln. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XLI.

1855. Frémy, Recherches chimiques sur les os. Ann. de Chim. et Phys. sér. 3. V. 43.

1872. Harting, P., Recherches de morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques formations calcaires organiques. Natuurk. Verhandel. Ak. Amsterd. 14.

1900. Kelly, A., Über Conchit. Sitzungsber. d. bayer. Akad. Bd. XXX.

1901. —— Beiträge zur mineral. Kenntnis der Kalkausscheidungen im Tierreich. München. Phil. Diss. 1900/1901.

1853. Kost, H., Über die Struktur und chemische Zusammensetzung einiger Muschelschalen. Med. Diss. Würzburg.

1886. Krukenberg, C. Fr. W., Fortgesetzte Untersuchungen über die Skeletine. Zeitschr. f. Biologie. XXII. p. 241.

1892. Moynier de Villepoix, Recherches sur la formation et l'accroissement de la coquille des mollusques. Journ. de l'anat. et de la physiol. 28. année.

1877. Nathusius-Königsborn, W. v., Untersuchungen über nicht celluläre Organismen, namentlich Crustaceenpanzer, Molluskenschalen und Eihüllen. Berlin.

1858. Rose, G., Über die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde. Teil 2. Abh. d. k. Akad. d. Wiss. Berlin.

1900. Stempell, W., Über die Bildung und das Wachsthum der Muschel- und Schneckenschalen. Biol. Centralbl. Bd. XX.

1882. Tullberg, T., Studien über den Bau u. das Wachsthum des Hummerpanzers u. der Molluskenschalen. Kongl. Svensk. Vetensk. Akad. Handl. N. F. V. 19.

1860. Voit, C., Physiologie der Perlmuschel. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X.

Erklärung der Abbildungen.

Allgemeine Bezeichnungen: *Co*, Conchiolin; *Po*, Periostracum; *Pm*, Perlmutterlage; *Pr*, Prismenlage.

Tafel XXX—XXXII.

Fig. 1. Prisma von *Margaritana margaritifera*. Längsschliff. Alveolarstruktur. Vergr. 1500.

Fig. 2 und 3. Querschliffe durch Prismen von *Margaritana margaritifera*, nahe den in das Periostracum eingepflanzten Prismenenden. Vergr. 1500.

Fig. 4 und 5. Querschliffe von Prismen von *Margaritana margaritifera* zwischen gekreuzten Nikols (*5*) mit Gipsblättchen erster Ordnung. Vergr. etwa 400.

Fig. 6. Querschliff durch das Periostracum von *Margaritana margaritifera*, äußeres Ende eines Prismas im Conchiolin. Entkalkt. Vergr. 1500.

Fig. 7. Längsschliff durch das Periostracum, entkalkt. Zeigt die äußeren Enden dreier Prismenräume. Vergr. 1500.

Fig. 8. Querschliff durch die Perlmutterlage von *Margaritana*. Vergr. 240.

Fig. 9. Kleiner Teil von Fig. 8, bei Vergr. 530.

Fig. 10. Querschliff durch die Grenze zwischen Prismen- und Perlmutterlage von *Margaritana*. Vergr. 530.

Fig. 11. Querschliff durch die Perlmutter von *Margaritana*. *h*, Hohlräumchen zwischen den Perlmutterlamellen. *s*, die treppenartig angeordneten dunkleren Linien (vgl. Text p. 448). Vergr. 2250.

Fig. 12. Dasselbe wie Fig. 11, zerquetscht. Vergr. 1500.

Fig. 13. Querschliff durch den Schloßrand von *Margaritana*. Lupenvergr.

Fig. 14. Radiärschliff durch den freien Schalenrand von *Margaritana*. Lupenvergrößerung.

Fig. 15. Flächenschliff durch die Perlmutter von *Margaritana*. Vergr. 2250.

Fig. 16. Perlmutterblättchen von *Margaritana*, von der Fläche gesehen. Tiefe Einstellung. Vergr. 2250.

Fig. 17. Flächenbild des äußeren Mantelepithels von *Margaritana margaritifera*. *D*, Drüsenzellen mit Porus (π); *k*, Zellkerne.

Fig. 18. Perlmutterblättchen von *Pinna pectinata* L. Vergr. 1500.

Fig. 19. Perlmutterblättchen von *Anodonta cygnea* zwischen gekreuzten Nikols; *a* ohne, *b* mit Gipsblättchen erster Ordnung. Vergr. 125.

Fig. 19*c*. Isoliertes Prisma von *Margaritana*, in Jodkalium erhitzt. Ungemein deutliche Alveolarstruktur. Tiefe Einstellung. Vergr. 1500.

Fig. 21. Prismenquerschnitt von *Anodonta*. Hohe Einstellung, daher die Alveolen dunkel. Vergr. 2250.

Fig. 22. Querschnitt eines Prismas von *Anodonta cygnea* nach Erhitzen in Jodkalium. Tiefe Einstellung. Vergr. 2250.

Fig. 23. Perlmutterblättchen von *Anodonta cygnea*, in Jodkalium erhitzt. Tiefe Einstellung. Vergr. 2250.

Fig. 24. Perlmutterblättchen von *Margaritana*, in Jodkalium erhitzt. Vergr. 2250.

Fig. 25. Schnitt durch die äußere Partie (Periostracum) einer entkalkten Schale von *Margaritana*, parallel zu den Anwachsstreifen und senkrecht zur Schalenoberfläche geführt. Vergr. 2250.

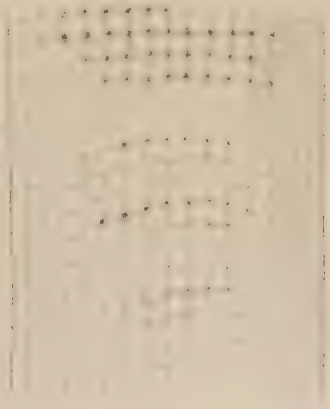
Fig. 26. Schnitt durch die entkalkte Schale von *Margaritana*. Prismen- und Perlmutterlage. Vergr. 50. *Po*, Periostracum.

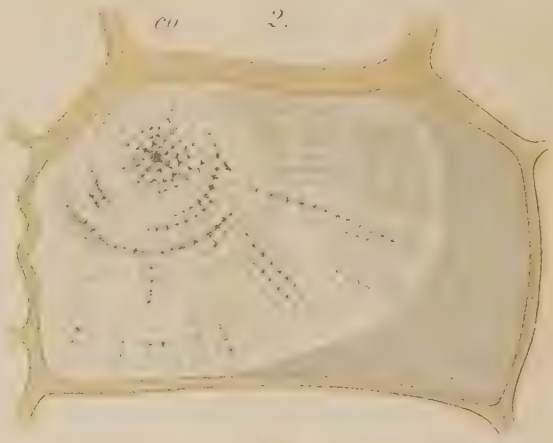
Fig. 27. Kleine Partie der Perlmutterlage aus dem Schnitt Fig. 25 bei Vergrößerung 2250.

Fig. 28. Aus dem Schnitt Fig. 25. Eine Prismenscheide mit Teil der Wand in Flächenansicht bei Vergr. 2250.

Anmerkung: Durch ein Versehen ist bei der Numerierung der Figuren die Nr. 20 übersprungen worden.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

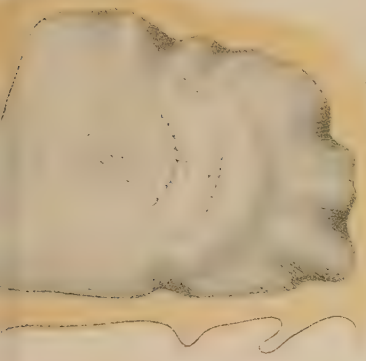



co

co

3.

co



s

11.

h

4.a.

12.

7.

co

co

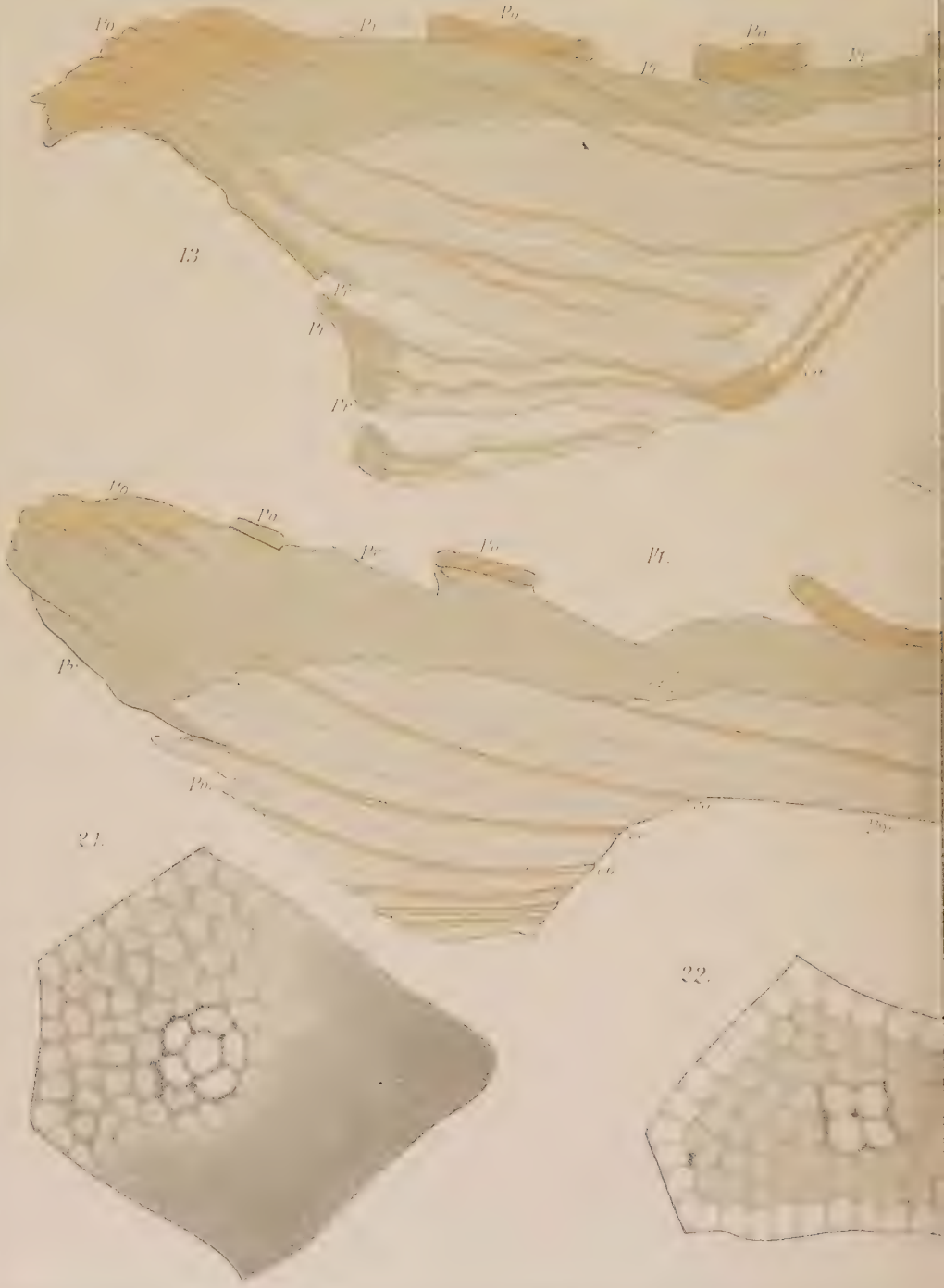
15.

10.

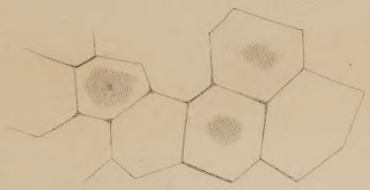
9.

Pm

nann in Leipzig.


Po
P1
P2
P3
P4
13
Ca
P0
P1
Pr
Pa
21
22

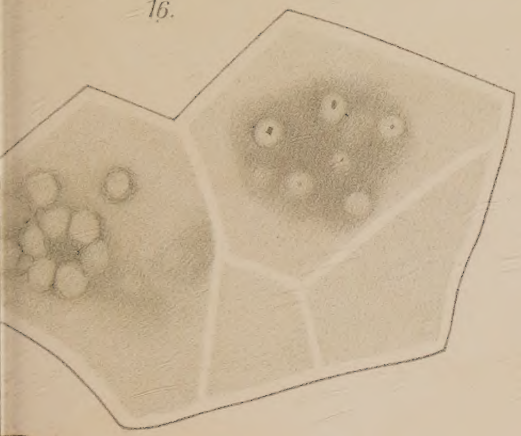
18.

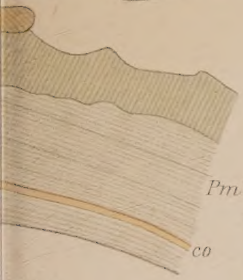


Pm

co

16.

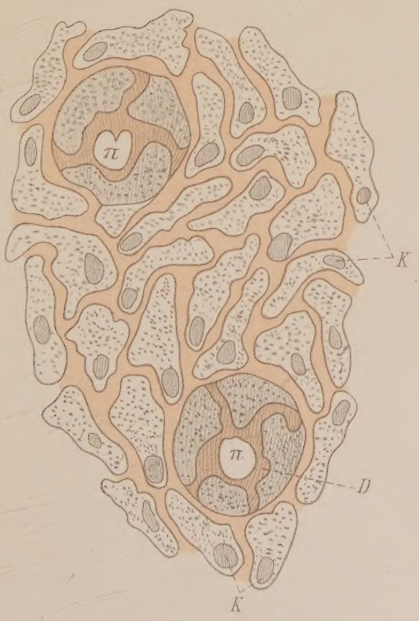




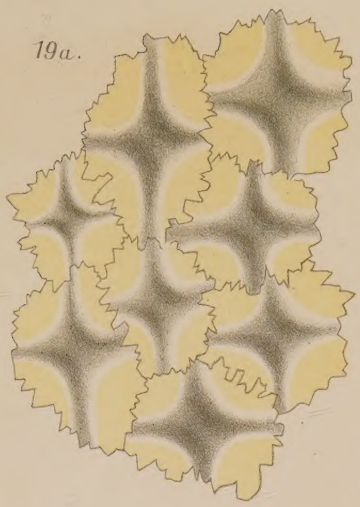
Pm

co

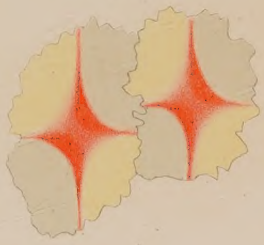
17.



19a.



19b.



19c.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

nann in Leipzig.

Fig. 23.

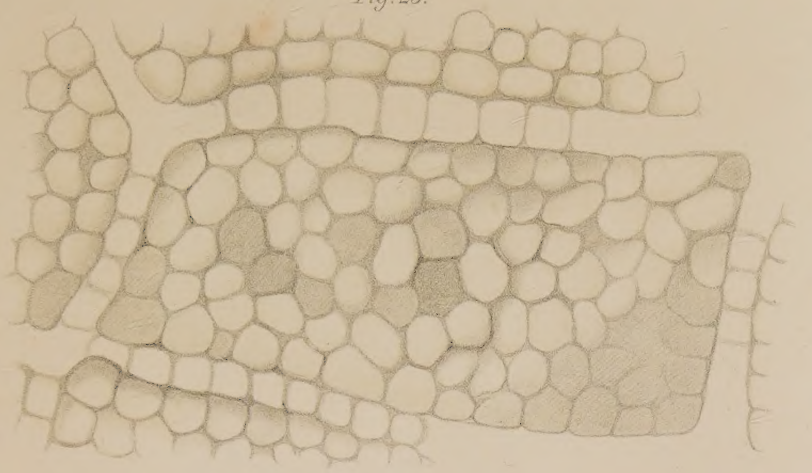


Fig. 24.

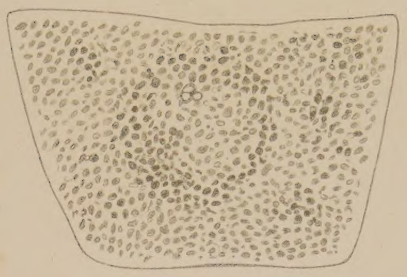


Fig. 28.

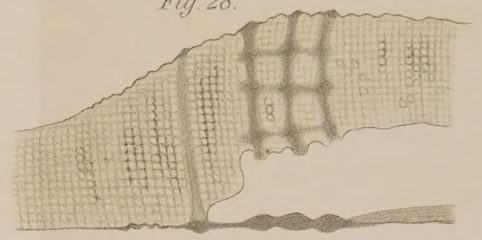


Fig. 25.

Fig. 26.

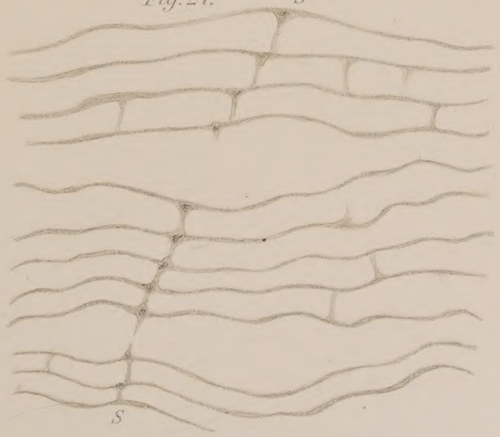



Fig. 27.